

**APOYO EN EL DESARROLLO DE LABORES DE ANÁLISIS Y DISEÑO DE  
ESTRUCTURAS EN PROYECTOS EJECUTADOS POR LA EMPRESA ORG  
LTDA.**

**LUIS CARLOS DURAN ESTUPIÑAN**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
SECCIONAL BUCARAMANGA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO  
BUCARAMANGA  
2017**

**APOYO EN EL DESARROLLO DE LABORES DE ANÁLISIS Y DISEÑO DE  
ESTRUCTURAS EN PROYECTOS EJECUTADOS POR LA EMPRESA ORG  
LTDA.**

**LUIS CARLOS DURAN ESTUPIÑAN  
ID: 000220893**

**Práctica empresarial como requisito para optar al título de Ingeniero Civil**

**Supervisor de la Empresa:  
Carolina Gómez Plata  
Ingeniera Civil, Esp.**

**Director de Práctica Empresarial:  
Robinson Mantilla García  
Ingeniero Civil, Esp.**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
SECCIONAL BUCARAMANGA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO  
BUCARAMANGA  
2017**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Presidente del Jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**  
**Floridablanca, 06 de Marzo de 2017**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado la disciplina y claridad para lograr uno de mis primeros objetivos profesionales.

A mi familia, por su incondicional apoyo en cada momento de mi vida.

A mi padre, madre y hermano, por sus enseñanzas y consejos, por todo el esfuerzo y dedicación, para seguir creciendo como un profesional íntegro y alcanzar este gran logro, que con su compañía me han enseñado que cada escalón que alcanzamos lo debo realizar con pasión y disciplina. Finalmente, a mis abuelos, quienes me han enseñado el significado de cariño, humildad y bondad.

A quienes les agradezco, por ser mis guías y motivación a seguir adelante, este logro es ustedes como mío.

Con admiración y respeto  
Luis Carlos Durán Estupiñan

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Universidad Pontificia Bolivariana y maestros, por contribuir en mi formación como profesional.

A la empresa ORG LTDA, por brindarme la oportunidad de realizar las prácticas empresariales, permitiéndome crecer en el ámbito profesional y personal.

A la ingeniera Carolina Gómez Plata, por abrirme las puertas de su empresa, por confiar en mis capacidades y desempeño en las laboras que se desarrollan en la empresa.

A la ingeniera Laura Andrea Vargas, por ser una gran orientadora durante este proceso de formación profesional, por su apoyo y enseñanzas durante la práctica empresarial.

Al ingeniero Robinson Mantilla, por ser un gran docente quien contribuyo en el proceso de la práctica empresarial.

Al ingeniero Aldemar Remolina Millán y Carlos Julio Bello Ramírez, por ser grandes docentes y amigos, que contribuyeron hacia una formación integral como profesional.

A mi amigo Jonnatan Camargo Orozco y compañeros del Centro de Estudios Bolivariano de Ingeniería Civil (CEBIC), quienes compartí grandes experiencias y considero excelentes amigos.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	13
1. OBJETIVOS .....	14
1.1 Objetivo General.....	14
1.2 Objetivos Específicos.....	14
2. EMPRESA.....	15
2.1 Historia.....	15
2.2 Quienes Somos .....	15
2.3 Misión .....	16
2.4 Visión.....	16
2.5 Políticas De Calidad .....	16
2.6 Funciones del practicante en ORG Ltda.....	16
3. MARCO TEÓRICO .....	18
3.1 Tipos de Costos y Cantidades de Obra .....	18
3.2 Diseño Estructural y Normatividades Vigentes.....	19
3.2.1 Pasos de diseño según Norma Sismo Resistente, NSR (2010).....	20
3.2.2 Diseño de Elementos Estructurales (Viguetas) .....	20
4. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO .....	22
4.1 Elaboración de Tablas de Excel para el cálculo de cantidades de obra y cálculo de cantidades de acero mediante el software Gerdau Diaco.....	22
4.1.1 Cantidades de Obra para el Proyecto 1. ....	22
4.1.2 Proyecto 2 .....	28
4.1.3 Cantidades de obra y cuantías para el Proyecto 3.....	29

4.2	Diseño de estructuras en concreto (Viguetas) .....	54
5.	OBSERVACIONES .....	66
6.	CONCLUSIONES .....	67
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	68

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Planta Cimentación Proyecto 1. ....	23
<b>Figura 2.</b>	Detalle Cimiento Z-2.....	24
<b>Figura 3.</b>	Cimentación Viga Cimiento 1 – Gerdau Diaco. ....	27
<b>Figura 4.</b>	Planta Cimentación. ....	28
<b>Figura 5.</b>	Planta Cimentación Parqueaderos.....	28
<b>Figura 6.</b>	Cimentación Parqueaderos – Entrada. ....	29
<b>Figura 7.</b>	Proyecto 3 – Zonas cimentación. ....	30
<b>Figura 8.</b>	Cimentación Aporticado. ....	31
<b>Figura 9.</b>	Secciones Vigas Cimientos Muros. ....	32
<b>Figura 10.</b>	Figuración de los aceros en Gerdau Diaco. ....	36
<b>Figura 11.</b>	Vista en planta Placa Cimiento. ....	37
<b>Figura 12.</b>	Planta y Corte Placa Cimiento Foso. ....	37
<b>Figura 13.</b>	Distribución Acero Placa Cimiento Foso. ....	38
<b>Figura 14.</b>	Despiece Muro de Contención T-2 .....	40
<b>Figura 15.</b>	Despiece Columna T-4 .....	44
<b>Figura 16.</b>	Peso Total Columna T-4. ....	46
<b>Figura 17.</b>	Plantas Zona 1 – Rampa Sótano 1. ....	52
<b>Figura 18.</b>	Plantas Zona 5.....	52
<b>Figura 19.</b>	Sección Zona 2 - Proyecto 3.....	53
<b>Figura 20.</b>	Refuerzo Inferior Zona 4 – Fondo Piscina.....	53
<b>Figura 21.</b>	Planta Sótano 2 – Placa Seleccionada para el Análisis. ....	54
<b>Figura 22.</b>	Vigueta 6 – Planta Sótano 2 .....	58
<b>Figura 23.</b>	Datos de Entrada vigueta S6. ....	59
<b>Figura 24.</b>	Datos de flexión y cortante para vigueta S6.....	60
<b>Figura 25.</b>	Requerimientos por Cortante Vigueta 6.....	61
<b>Figura 26.</b>	Diagrama de Momento obtenido para la Vigueta 6.....	61
<b>Figura 27.</b>	Diagrama de Cortante obtenido para la Vigueta 6.....	61

**Figura 28.** Despiece Vigüeta 6.....62  
**Figura 29.** Vigüeta S14 – Sector Subestación eléctrica. ....63  
**Figura 30.** Deformada para la VTA-14 .....65

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Nomenclatura proyectos. ....	22
<b>Tabla 2.</b>	Volumen de concreto Zapatas. ....	25
<b>Tabla 3.</b>	Proyecto 1 – Vigas de Cimentación. ....	26
<b>Tabla 4.</b>	Cantidad de varillas Longitudinales. ....	32
<b>Tabla 5.</b>	Concreto Total Vigas de Cimentación. ....	34
<b>Tabla 6.</b>	Cantidad de Concreto – Zapatas. ....	35
<b>Tabla 7.</b>	Volumen de Concreto – Columnas. ....	43
<b>Tabla 8.</b>	Cantidad de Varillas Columna T17. ....	45
<b>Tabla 9.</b>	Peso por Diámetros para Columnas y Pantallas. ....	46
<b>Tabla 10.</b>	Peso por Diámetros para Vigas de Zona 1. ....	47
<b>Tabla 11.</b>	Peso por Diámetros para Placas de Zona 1. ....	47
<b>Tabla 12.</b>	Peso por Diámetros para Vigas de Zona 2. ....	47
<b>Tabla 13.</b>	Peso por Diámetros para Placas de Zona 2. ....	47
<b>Tabla 14.</b>	Peso por Diámetros para Vigas de Zona 3. ....	48
<b>Tabla 15.</b>	Peso por Diámetros para Placas de Zona 3. ....	48
<b>Tabla 16.</b>	Peso por Diámetros para Vigas de Zona 4. ....	48
<b>Tabla 17.</b>	Peso por Diámetros para Placas de Zona 4. ....	49
<b>Tabla 18.</b>	Peso por Diámetros para Vigas de Zona 5. ....	49
<b>Tabla 19.</b>	Peso por Diámetros para Placas de Zona 5. ....	49
<b>Tabla 20.</b>	Peso por Diámetros para Vigas de Zona 6. ....	49
<b>Tabla 21.</b>	Peso por Diámetros para Placas de Zona 6. ....	50
<b>Tabla 22.</b>	Peso por Diámetros para Vigas de Zona 6. ....	50
<b>Tabla 23.</b>	Peso por Diámetros para Placas de Zona 6. ....	50
<b>Tabla 24.</b>	Peso por Diámetros para Vigas de Zona 8. ....	51
<b>Tabla 25.</b>	Peso por Diámetros para Placas de Zona 8. ....	51
<b>Tabla 26.</b>	Peso por Diámetros para Vigas de Zona 9. ....	51
<b>Tabla 27.</b>	Peso por Diámetros para Placas de Zona 9. ....	51
<b>Tabla 28.</b>	Traslapos. ....	59
<b>Tabla 29.</b>	Deflexión Máxima Admisible Calculada. ....	64

## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

**TITULO:** APOYO EN EL DESARROLLO DE LABORES DE ANÁLISIS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS EN PROYECTOS EJECUTADOS POR LA EMPRESA ORG LTDA

**AUTOR(ES):** Luis Carlos Duran Estupiñan

**FACULTAD:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR(A):** Robinson Mantilla García

### RESUMEN

El trabajo de grado que se desarrolla, contiene actividades realizadas durante los 5 meses de la práctica empresarial en la empresa ORG LTDA, la cual aprobó el comité de trabajos de grado de la facultad de Ingeniería Civil, con el nombre "APOYO EN EL DESARROLLO DE LABORES DE ANÁLISIS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS EN PROYECTOS EJECUTADOS POR LA EMPRESA ORG LTDA". Las funciones ejecutadas por el practicante en la empresa ORG LTDA, están en el apoyo al Departamento de Diseño Estructural, en los distintos proyectos de diseño que se llevan a cabo en la empresa en el área metropolitana de Bucaramanga, mediante el desarrollo de hojas de Excel que optimicen el cálculo para las cantidades de obra de cada respectivo proyecto y haciendo uso del software GERDAU DIACO. Además, realizando diseños de elementos estructurales, mediante el método de Cross (Vigas y Viguetas) y la modelación de estos mismos en el programa CSI ETABS 2013. Otro de los componentes importantes de esta práctica, es el trabajo en equipo que se desarrolló en la empresa por parte de todos los integrantes, con el fin de lograr diseños confiables en cumplimiento con las normas vigentes y factibles económicamente.

### PALABRAS CLAVES:

CANTIDADES DE OBRA, METODO DE CROSS, MODELACIÓN ESTRUCTURAL, DC CAD.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

## GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

**TITLE:** SUPPORT IN THE DEVELOPMENT OF LABOR OF ANALYSIS AND DESIGN OF STRUCTURES IN PROJECTS EXECUTED BY THE COMPANY ORG LTDA.

**AUTHOR(S):** Luis Carlos Durán Estupiñan

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR:** Robinson Mantilla García

### ABSTRACT

The degree work that is developed contains activities carried out during the 4 months of the business practice in the company ORG LTDA, which approved the committee of degree works of the Faculty of Civil Engineering, with the name "SUPPORT IN THE DEVELOPMENT OF LABORS OF ANALYSIS AND DESIGN OF STRUCTURES IN PROJECTS EXECUTED BY THE COMPANY ORG LTDA". The functions performed by the practitioner in the company ORG LTDA, are in support of the Department of Structural Design, in the different design projects that are carried out in the company in the metropolitan area of Bucaramanga, by developing Excel sheets that optimize the calculation for the work quantities of each respective project and making use of the GERDAU DIACO software. In addition, by designing structural elements, using the Method of Cross (Beams and Joists) and modeling them in the CSI ETABS 2013 program. Another important component of this practice is the teamwork that was developed in the company by all members, in order to achieve reliable designs in compliance with current and economically feasible standards.

### KEYWORDS:

QUANTITIES OF WORK, METHOD OF CROSS, STRUCTURAL MODELING, DC CAD.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

## INTRODUCCIÓN

La práctica empresarial denominada “Apoyo en el desarrollo de labores de Análisis y Diseño de Estructuras en proyectos ejecutados por la Empresa Org Ltda.”, se desarrolla durante 5 meses, apoyando el departamento de Diseño estructural a través de los distintos proyectos que se desarrollan en la ciudad. ORG Ltda., es una empresa que se caracteriza por su compromiso y profesionalismo con la calidad de sus productos.

Esta experiencia es importante y valiosa para el estudiante y futuro profesional, ya que le enseña el valor del trabajo en equipo y responsabilidad ante los proyectos que se enfrente y así mismo poniendo en práctica los conocimientos adquiridos durante el pregrado, que se ven reflejados en la toma de decisiones ante problemas ingenieriles.

Inicialmente, se presenta el marco teórico y el seguimiento de las actividades desarrolladas por el practicante en la empresa ORG Ltda., como auxiliar de ingeniería en el departamento de diseño estructural.

A lo largo del trabajo de grado se presenta con mayor detalle, las actividades que se realizaron durante la práctica empresarial, evidenciando el cumplimiento de las mismas y la constancia con la que se realizaban, pues para cada actividad se requería de un tiempo adecuado para su entrega.

## 1. OBJETIVOS

### 1.1 Objetivo General

Realizar cálculos de cantidades de obra y análisis estructural según los proyectos que se estén desarrollando en la empresa, de acuerdo con el procedimiento implementado en ORG Ltda.

### 1.2 Objetivos Específicos

Calcular cantidades de obra a partir de los planos entregados, según el proyecto que se encuentre en ejecución.

Apoyar en el dibujo estructural para la entrega de sus respectivos planos, según metodología usada por la empresa.

Apoyar en el diseño estructural.

## 2. EMPRESA

### 2.1 Historia

Inicialmente la Empresa figuró bajo el nombre de CONSTRUCCIONES Y PARCELAS LTDA, la cual fue inscrita legalmente en la Cámara de Comercio de Bucaramanga en 1998. Posteriormente fue constituida como ORG LTDA, en diciembre de 2003.

Durante los primeros años se dedicó a la ejecución de obras civiles, Estructuras Metálicas y Cubiertas e Interventoría. Durante los años 2006 a 2008 la empresa no tuvo actividades, debido al traslado de sus socios a los Estados Unidos, donde estuvieron laborando con la firma Macala LLC, en proyectos de construcción en el sur de la Florida.

A partir de 2009 se reiniciaron actividades, incluyendo el servicio de Diseño Estructural.

### 2.2 Quienes Somos

ORG Ltda., está dedicada al Diseño Estructural, Construcción y Supervisión de Estructuras e Interventora de Proyectos, servicios que se vienen prestando desde el año de 1988.

Cuenta con profesionales de la más alta capacidad técnica en el área del análisis y diseño estructural, utilizando para ello los programas más avanzados de computación.

Sin embargo, lo que más caracteriza a nuestra Empresa es la disposición permanente de servicio para atender las consultas y solicitudes de parte de nuestros clientes a fin de que en las obras se puedan lograr los costos más bajos y la seguridad adecuada, requerida por las normas.

El departamento de Diseño Estructural es dirigido por la Ingeniera Civil, Carolina Gómez Plata, egresada de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UIS en 1989, con una Especialización en Estructuras en la ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA en Bogotá en 1997.

La Ingeniera Carolina Gómez P. laboró con la firma Herbert Ariza Moreno durante 18 años, tiempo durante el cual realizó diseño de estructuras de edificios, puentes y estructuras metálicas, para las principales firmas constructoras del Departamento, con un área ejecutada superior al millón de metros cuadrados.

El Departamento de Construcción e Interventora es liderado por el Ingeniero Civil, José Pablo Ortiz Plata, egresado de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE

SANTANDER en 1985, con un postgrado en Administración y Finanzas con la Universidad EAFIT de Medellín en 1991. Trabajó con las principales constructoras de Bucaramanga, como COMAVSA, COLSERVICIOS y fue Director del Departamento de Ingeniería de la firma MARVAL durante más de 4 años. Fue representante de ventas de Cementos Boyacá en Santander y Gerente de Concretos Premezclados.

### **2.3 Misión**

Prestar los servicios de Diseño Estructural y Construcción, mediante una asesoría integral y ética a los constructores, contratistas, entidades y particulares, en todo el territorio nacional, ofreciendo diseños, estructuras y construcciones seguras, buscando la compensación y bienestar de nuestros colaboradores y accionistas.

### **2.4 Visión**

Constituirnos en 2022, en una organización líder en el Diseño Estructural de Edificaciones en el Oriente Colombiano, reconocida por diseñar y desarrollar proyectos sísmicamente seguros, comprometidos con la calidad de nuestros productos y que, contando con un equipo de trabajo efectivo y motivado, dentro de un ambiente de honestidad, respeto y colaboración, se garantice la seguridad para nuestros clientes.

### **2.5 Políticas De Calidad**

Nuestros Diseños y Construcciones serán desarrollados con la participación activa de nuestros colaboradores y mediante un proceso de mejoramiento continuo, para garantizar la calidad, claridad y el mejor desarrollo de los proyectos elaborados dentro del cumplimiento de la Norma Sismo Resistente NSR-10.

La Honestidad, El Respeto y el Cumplimiento serán valores primordiales para el cumplimiento de nuestros Objetivos.

### **2.6 Funciones del practicante en ORG Ltda.**

El practicante Luis Carlos Duran Estupiñan, desempeña el cargo en auxiliar en ingeniería, en el desarrollo del proyecto ejecutados por la empresa durante la práctica, cumpliendo las funciones de:

- I. Calculo de cantidades de obra en proyectos que se estén desarrollando en la empresa mediante el uso de la herramienta de Microsoft Excel y Gerdau Diaco.

II. Apoyo en el dibujo estructural mediante el uso de la herramienta AutoDesk AutoCAD.

III. Diseño Estructural.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Tipos de Costos y Cantidades de Obra

En un proyecto de edificación, se deben tener en cuenta los diferentes costos que se implican a la hora de su ejecución y operación, por el cual es importante tener claro estas definiciones para su adecuado desarrollo.

Los costos en un proyecto, sea un bien o servicio, es el valor en dinero que se debe invertir, y por tanto es identificado, evaluado y clasificado, durante la etapa del planeamiento del proyecto y controlado en el proceso de construcción. Para esto se hace necesario el estudio de factores como los planos y especificaciones, el entorno y la organización de la obra.

Para la clasificación de los costos en un proyecto de edificación, se debe hacer respecto a la forma como se coordinará y ejecutará en la parte administrativa y técnica, para luego elaborar el presupuesto de acuerdo a las características del proyecto.

Los costos en un proyecto de edificación se pueden agrupar, en los siguientes títulos:

- Costos directos, que son aquellos que son proporcionales a la obra y tienen una relación directa con las cantidades de los recursos utilizados en la producción, o que se deriven de la ejecución una labor de construcción. Incluye el costo del material, mano de obra y equipos necesarios.
- Costos indirectos, se relaciona con aquellos que son proporcionales al tiempo de ejecución del proyecto, no influyen claramente a una actividad constructiva, además, no son fácilmente identificables como una unidad de obra determinada, peor puede ser evaluados como actividades independientes. Ejemplo, servicios públicos, vigilancia, etc.
- Gastos generales, provienen de la administración de la obra y de la organización de cada empresa, que emplea una estrategia distinta a la hora de ejecutar el proceso constructivo. Es importante resaltar que va de acuerdo a ciertas características tales como, la duración de los trabajos, tiempo de permanencia del personal administrativo, entre otros.
- Costos comerciales, son exclusivos de proyectos privados, los cuales corresponden a, comisiones de ventas y bonos de vendedores, promoción, publicidad y mercadeo, gastos notariales o de escrituración. (SENA, 2003,p.6)

Las cantidades de obra se relacionan directamente con los costos directos del proyecto, los cuales se calculan dependiendo de la arquitectura y geometría

estructural que tenga cada proyecto, para poder estimar en un total lo que se utilizara para la ejecución de la obra y tener en cuenta para la elaboración del presupuesto de obra. Hoy en día, y con el desarrollo tecnológico que vemos en el software de ingeniería en general, podemos usar programas para realizar un cálculo más acertado respecto al tema.

### **3.2 Diseño Estructural y Normatividades Vigentes.**

Una de las áreas importantes en la ingeniería civil, es el papel del diseñador estructural, quien es el responsable de la parte sismo resistente y en general ante todo tipo de cargas que actúan en las estructuras en los distintos proyectos. La estructura en un proyecto es el sistema que provee la resistencia y rigidez, siendo la resistencia la capacidad de esta para portar cargas, y la rigidez su capacidad para oponerse a las deformaciones, para que se complemente con otros sistemas propios de la fase de ejecución de la obra.

Actualmente, en el país estamos viendo un crecimiento importante respecto a la construcción vertical, debido a la sobrepoblación que presentan las principales ciudades de Colombia. Generalmente, el desarrollo del país va de la mano de la construcción, como los son los centros comerciales, viviendas uni y multifamiliares, de interés social y prioritario, y es aquí donde la ingeniería estructural participa en la realización de estas obras, entre otras.

Algunas etapas del proceso de diseño son:

La Estructuración del proyecto, donde se define el sistema estructural con el cual se diseñará, y darán a la construcción una garantía sismo resistente para el proyecto, satisfaciendo a las solicitudes de cargas a las cuales serán sometidas.

El análisis, es una etapa donde se agrupa las actividades necesarias para evaluar la respuesta máxima de la estructura ante los efectos sísmicos, cargas verticales, fuerzas de viento, entre otras. En este proceso, vemos que el proyecto, solo está en el papel y con el uso de software especializado en el diseño, se realiza una modelación, con el fin de analizar y evaluar el comportamiento de la estructura y ver algunas condiciones que no se permiten según las normatividades vigentes, para dar seguridad a la estructura.

El dimensionamiento, se determina la geometría y características de los elementos estructurales, para que respondan a temas de seguridad y funcionalidad. Estas características mencionadas, hacen una breve generalización sobre el ámbito de la ingeniería estructural en su desarrollo aplicativo. (Colina Martínez & Ramírez , 1999,p.3-5)

### **3.2.1 Pasos de diseño según Norma Sismo Resistente, NSR (2010).**

En la NSR (2010), podemos observar los pasos para el diseño de edificaciones nuevas e intervención de edificaciones existentes descritas en la tabla A.1.3-1.

Inicialmente, observamos en el Paso 1, que se debe considerar el pre dimensionamiento de la estructura en general respecto a cada uno de los elementos estructurales y no estructurales que lo conforman con la coordinación de otros profesionales.

En el paso 2, se debe realizar la evaluación de las solicitaciones definitivas. Para el paso 3, se debe considerar el nivel de amenaza sísmica y los valores de  $A_a$  y  $A_v$ , que se deben mirar en los mapas de zonificación sísmica o tablas presentados en la NSR (2010).

Para el paso 4, se deben observar los movimientos sísmicos de diseño, es decir, la amenaza sísmica, las características de estratificación del suelo, Bucaramanga presenta, un suelo tipo C y D, la importancia de la edificación que es según el capítulo A.2.5.1.3. Ejemplo, Grupo II — Estructuras de ocupación especial.

En el paso 5, se puede ver las características de la estructuración y los materiales empleados. En el paso 6, el grado de irregularidad de la estructura, es decir, la irregularidad o regularidad de la edificación y la definición del procedimiento de análisis sísmico. Por otra parte, en el paso 7 se debe determinar las fuerzas sísmicas. Para el paso 8, se presenta el análisis sísmico de la estructura. En el paso 9, se debe garantizar el análisis de los desplazamientos horizontales y verificación de las derivas. El paso 11, contempla las combinaciones de las diferentes solicitaciones, es decir, la metodología de la resistencia última, y para finalizar el paso 12 se da como pauta ya para el diseño de los elementos estructurales. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, Título A, p.A-3 – A-6).

### **3.2.2 Diseño de Elementos Estructurales (Viguetas)**

De acuerdo con el título C, Según Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR (2010), las viguetas o nervaduras son elementos estructurales que hacen parte de una losa nervada, que cumple la función principal de trabajar a flexión.

Según C.8.13.1, para las viguetas y riostras, de losas nervadas en una dirección, no se tendrán en cuenta para efectos de rigidez ante las fuerzas horizontales que actúan en una o dos direcciones ortogonales.

Para la distribución de acero en las viguetas, se debe tener en cuenta que según C.7.13.2.1, para la construcción el acero inferior debe ser continuo, o debe empalmarse por traslapo de tracción clase B o empalme mecánico.

Para el caso del refuerzo superior, se puede suspender, de tal manera que cumpla con el acero requerido para los apoyos, es decir, que cumpla con el acero mínimo necesario según cálculos.

El ancho de las nervaduras, debe ser mayor de 100 mm en la parte superior, su ancho promedio debe ser mayor de 80 mm y su altura debe ser menor que 5 veces el ancho promedio, para este caso tomando el valor mínimo de 80 mm, la altura máxima sería 450 mm, incluyendo la torta superior. Según C.8.13.3, la separación máxima entre ejes de viguetas, debe ser menor que 2.5 veces el espesor total de la losa, sin exceder 1.20 m. en el caso de losas en dos direcciones, separación menor a 3.5 veces el espesor de la losa, sin exceder 1.50 m.

Para el caso de las losas nervadas en una dirección, se deben colocar riostras de repartición, con una separación libre de 10 veces el espesor total de la losa, sin exceder los 4 m, según C.8.13.3.1.

Para el análisis estructural de las viguetas, se hizo mediante hojas de cálculo, que están programadas a partir del método de Cross, que fue desarrollado por Hardy Cross en 1932, de la cual parte de una estructura ideal cuyos nodos están perfectamente rígidos. Básicamente es un método de análisis numérico de aproximaciones sucesivas que evita tener que resolver ecuaciones simultáneas en un número elevado. (Navarro Hudiel, 2010,p. 1).

## 4. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO

De acuerdo a las actividades propuestas en el plan de trabajo, la práctica se desarrolla de la siguiente manera:

### 4.1 Elaboración de Tablas de Excel para el cálculo de cantidades de obra y cálculo de cantidades de acero mediante el software Gerdau Diaco.

#### 4.1.1 Cantidades de Obra para el Proyecto 1.

#### 4.1.2 Proyecto 2.

#### 4.1.3 Proyecto 3.

##### 4.1.3.2 Cantidades de obra para el proyecto 3.

##### 4.1.3.2 Promedios obtenidos para el proyecto 3.

### 4.2 Diseño de estructuras en concreto (Viguetas).

La denominación de referencia para cada proyecto desarrollado en la empresa, se presenta en la siguiente tabla:

PROYECTOS ORG LTDA	
Nombre del Proyecto	Denominación
Santana	Proyecto 1
Alicante	Proyecto 2
Boulevard	Proyecto 3
Sotomayor	Proyecto 4

**Tabla 1.** Nomenclatura proyectos.

Fuente: Autor

### 4.1 Elaboración de Tablas de Excel para el cálculo de cantidades de obra y cálculo de cantidades de acero mediante el software Gerdau Diaco.

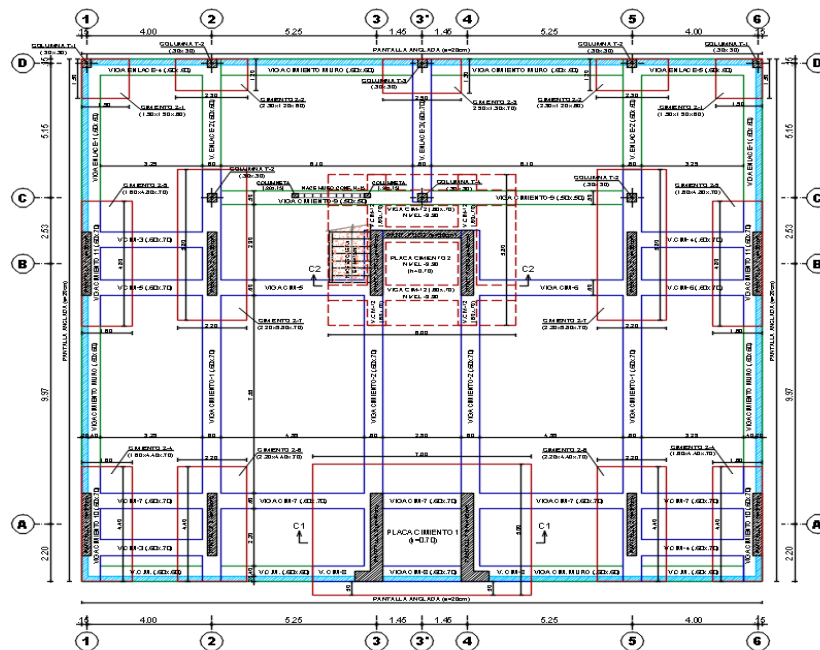
Durante el tiempo de la práctica empresarial, se han estado desarrollando 4 proyectos en la empresa ORG Ltda., los cuales están en la Tabla 1.

#### 4.1.1 Cantidades de Obra para el Proyecto 1.

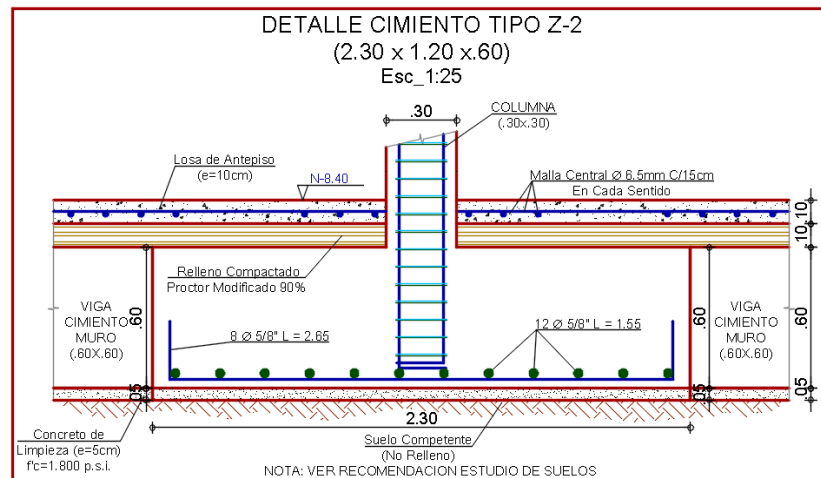
Este proyecto se compone de una torre de 11 placas, 3 niveles de parqueaderos y un nivel de lobby, un nivel de locales, 6 niveles de apartamentos y cubierta. Se usa un sistema estructural aporticado (columnas y vigas) con capacidad especial de disipación de energía DES.

Para la cimentación se emplea un concreto de resistencia de 21 MPa, para los muros de contención de 28 MPa y para las pantallas, columnas y placas una resistencia de concreto de 28 MPa. Cabe resaltar que el uso del concreto de 21 MPa para la cimentación, se da porque en la etapa de diseño no se requirió de un concreto de especificaciones mayores.

En la siguiente figura podemos ver la cimentación del Proyecto 1.



**Figura 1.** Planta Cimentación Proyecto 1.  
Fuente: Planos ORG



**Figura 2. Detalle Cimiento Z-2.**  
Fuente: Planos ORG

Se diseñó una hoja de Excel para el proyecto 1, el cual contiene los cálculos de cantidad de concreto en metros cúbicos para zapatas, placas cimiento, vigas de amarre y enlace y concreto de limpieza. Estos cálculos se realizan a partir de los planos estructurales, para realizar la medición adecuada de cada elemento en el software AutoDesk AutoCAD, y así mismo obtener el volumen de concreto que corresponde a cada elemento. La nomenclatura de cada elemento va de acuerdo a las dimensiones.

El concreto para las zapatas se calculó, mediante las dimensiones geométricas que tiene cada tipo de zapata, es decir para calcular su volumen, se multiplica la altura (H) de la zapata, por el ancho (L) y profundidad (A) de esta misma ( $\text{Vol. Elemento} = H * L * A$ ), como se presenta a continuación.

**Altura Zapata (H)** = 0.70 m  
**Ancho (L)** = 2.50 m  
**Profundidad (A)** = 1.30 m

$$\text{Vol Total Zapata (Z3)} = H * L * A$$

$$\text{Vol Total Zapata (Z3)} = 0.70 \text{ m} * 2.50 \text{ m} * 1.30 \text{ m}$$

$$\text{Vol Total Zapata (Z3)} = 2.28 \text{ m}^3$$

NOMENCLATURA	CANTIDAD TOTAL	SECCIÓN		ALTURA	VOLUMEN
<b>Z-1 EXCENTRICO</b>	2	1.50 m	1.50 m	0.60 m	2.70 m <sup>3</sup>
<b>Z-2 EXCENTRICO</b>	2	2.30 m	1.20 m	0.60 m	3.31 m <sup>3</sup>
<b>Z-3 EXCENTRICO</b>	1	2.50 m	1.30 m	0.70 m	2.28 m <sup>3</sup>
<b>Z-4</b>	2	1.60 m	4.40 m	0.70 m	9.86 m <sup>3</sup>
<b>Z-5</b>	2	1.60 m	4.80 m	0.70 m	10.75 m <sup>3</sup>
<b>Z-6</b>	2	2.20 m	4.40 m	0.70 m	13.55 m <sup>3</sup>
<b>Z-7</b>	2	2.20 m	5.80 m	0.70 m	17.86 m <sup>3</sup>
<b>PLACA CIMENTO 1</b>	1	7.00 m	5.00 m	0.70 m	24.50 m <sup>3</sup>
<b>PLACA CIMENTO 2</b>	1	6.00 m	5.80 m	0.70 m	24.36 m <sup>3</sup>
<b>TOTAL ELEMENTOS</b>	<b>15</b>			<b>VOL TOTAL DE ELEMENTOS [M<sup>3</sup>]</b>	<b>109.17 m<sup>3</sup></b>

**Tabla 2.** Volumen de concreto Zapatas.  
Fuente: Autor

Debido a la magnitud del proyecto 1, y de acuerdo a la geometría estructural, el cálculo del volumen de concreto para las vigas de cimentación, se realizó de manera más sencilla y práctica, con respecto a los volúmenes que se manejan para el proyecto 3, que lo veremos en el desarrollo del numeral 4.1.3.

En la siguiente tabla, observaremos los resultados obtenidos para las vigas de cimentación.

ELEMENTO	SECCIÓN [M]		LONGITUD [M]	VOLUMEN M <sup>3</sup>
<b>V. ENLACE-1</b>	0.60 m	0.60 m	7.85	2.83 m <sup>3</sup>
<b>V. ENLACE-2</b>	0.60 m	0.60 m	6	2.16 m <sup>3</sup>
<b>V. ENLACE-3</b>	0.60 m	0.70 m	3.75	1.58 m <sup>3</sup>

<b>V. ENLACE-4</b>	0.60 m	0.60 m	1.5	0.54 m3
<b>V. ENLACE-5</b>	0.60 m	0.60 m	1.5	0.54 m3
<b>V.C.M</b>	0.60 m	0.60 m	29.04	10.45 m3
<b>V.C.M.1</b>	0.60 m	0.70 m	11.2	4.70 m3
<b>V.C.M.2</b>	0.60 m	0.70 m	12.9	5.42 m3
<b>V.C.M.3</b>	0.60 m	0.70 m	2.9	1.22 m3
<b>V.C.M.4</b>	0.60 m	0.70 m	2.9	1.22 m3
<b>V.C.M.5</b>	0.60 m	0.70 m	5.4	2.27 m3
<b>V.C.M.6</b>	0.60 m	0.70 m	5.4	2.27 m3
<b>V.C.M.7</b>	0.60 m	0.70 m	7.1	2.98 m3
<b>V.C.M.8</b>	0.60 m	0.70 m	0	0.00 m3
<b>V.C.M.9</b>	0.50 m	0.50 m	11.2	2.80 m3
<b>V.C.M.10</b>	0.60 m	0.70 m	0	0.00 m3
<b>V.C.M.11</b>	0.60 m	0.70 m	0	0.00 m3
<b>V.C.M.12</b>	0.60 m	0.70 m	0	0.00 m3
<b>TOTALVIGAS</b>			<b>VOL TOTAL VIG CIMENTA [M<sup>3</sup>]</b>	<b>40.97 m3</b>

**Tabla 3.** Proyecto 1 – Vigas de Cimentación.  
Fuente: Autor

El concreto de limpieza se calculó, a partir de la información obtenida en el cálculo del volumen del concreto para el proyecto 1, es decir, teniendo las secciones de los elementos de cimentación, se multiplica la base (B) por la longitud (L) y tenemos el área total de los elementos ( $A_{total} = B \cdot L$ ).

El concreto de limpieza tiene un espesor (e) de 5 centímetros, según las especificaciones. Luego, para el Volumen Total sería igual al Atotal multiplicado por el espesor, como se presenta a continuación.

**Acimentos** = 157.39 m<sup>2</sup>

**Área Total Vigas** = 64.06 m<sup>2</sup>

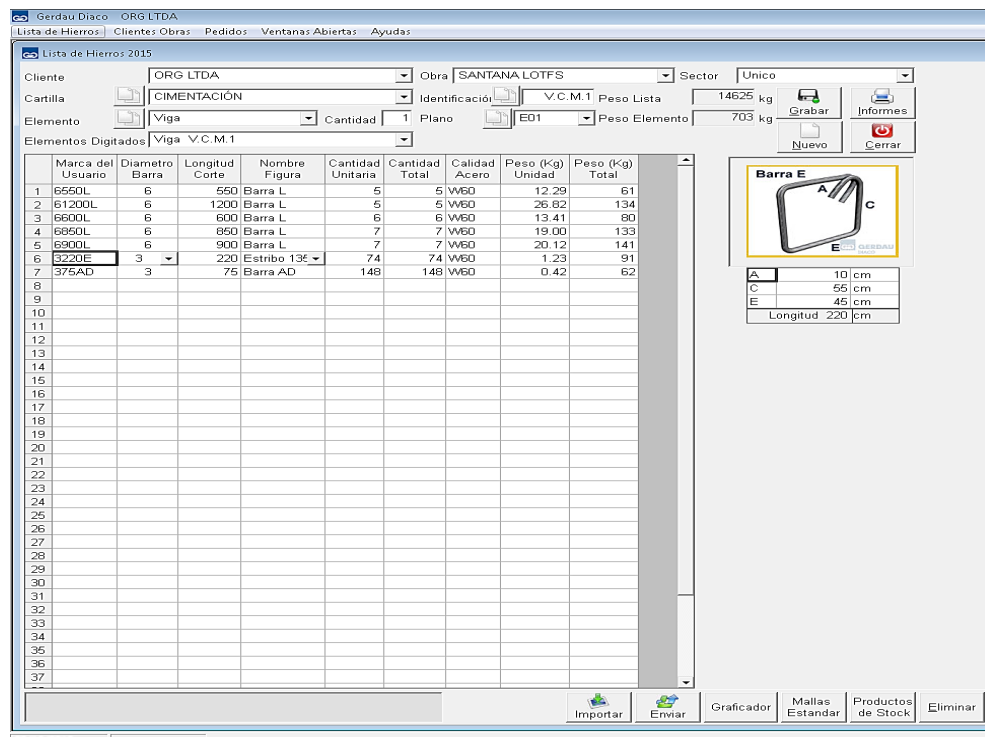
$$\text{Vol Total CLimpieza} = \text{Atotal} * \text{espesor}$$

**Vol Total CLimpieza** = 221.45 m<sup>2</sup> \* 0.05 m

**Vol Total CLimpieza** = 11.07 m<sup>3</sup>

Por otra parte, para el cálculo de las cantidades de acero, teniendo los despieces de los planos estructurales para cada elemento, se ingresa la información necesaria en el software Gerdau Diaco. Como empresa distribuidora Gerdau Diaco, elabora aceros para la construcción civil, que cumplen con la calidad que se exige en la norma de sismo resistencia de 2010(NSR-10).

Además, Gerdau Diaco tiene un fácil manejo para el ingreso de la información, permite al usuario conocer los distintos nombres de las figuras y el peso total por elemento. Al terminar de ingresar las cantidades de acero se obtienen un resumen total para cada diámetro de varilla en Kilogramos y el total de estas mismas.



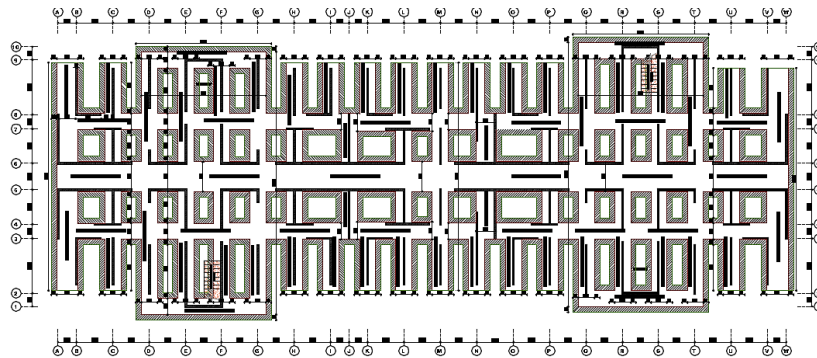
Marca del Usuario	Diametro Barra	Longitud Corte	Nombre Figura	Cantidad Unitaria	Cantidad Total	Calidad Acero	Peso (Kg) Unidad	Peso (Kg) Total
6550L	6	550	Barra L	5	5	W60	12.29	61
61200L	6	1200	Barra L	5	5	W60	26.62	134
6500L	6	600	Barra L	6	6	W60	13.41	80
6950L	6	850	Barra L	7	7	W60	19.00	133
6900L	6	900	Barra L	7	7	W60	20.12	141
3220E	3	220	Estribo 135	74	74	W60	1.23	91
375AD	3	75	Barra AD	148	148	W60	0.42	62

**Figura 3.** Cimentación Viga Cimiento 1 – Gerdau Diaco.  
Fuente: Gerdau Diaco

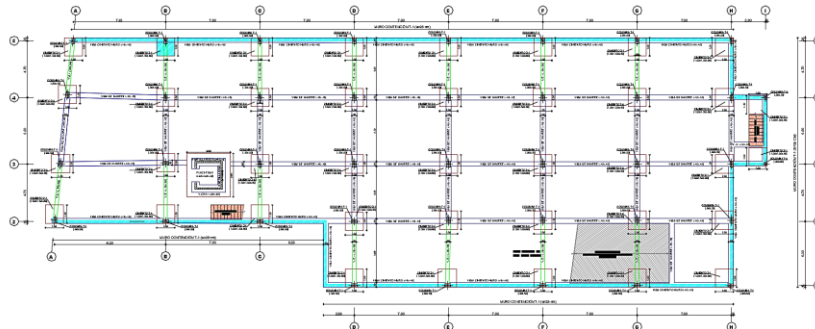
#### 4.1.2 Proyecto 2

Este proyecto se compone de una torre de 20 placas, con 20 niveles de apartamentos y un nivel de cubierta. El sistema estructural es de muros estructurales (pantallas y placas en concreto reforzado) con capacidad especial de disipación de energía DES. El Coeficiente de capacidad de disipación de energía es igual a 5, un perfil del suelo Tipo C y capacidad portante de 30 Ton/m<sup>2</sup>.

En las siguientes imágenes podemos observar algunas plantas de cimentación del proyecto:



**Figura 4.** Planta Cimentación.  
Fuente: Planos ORG

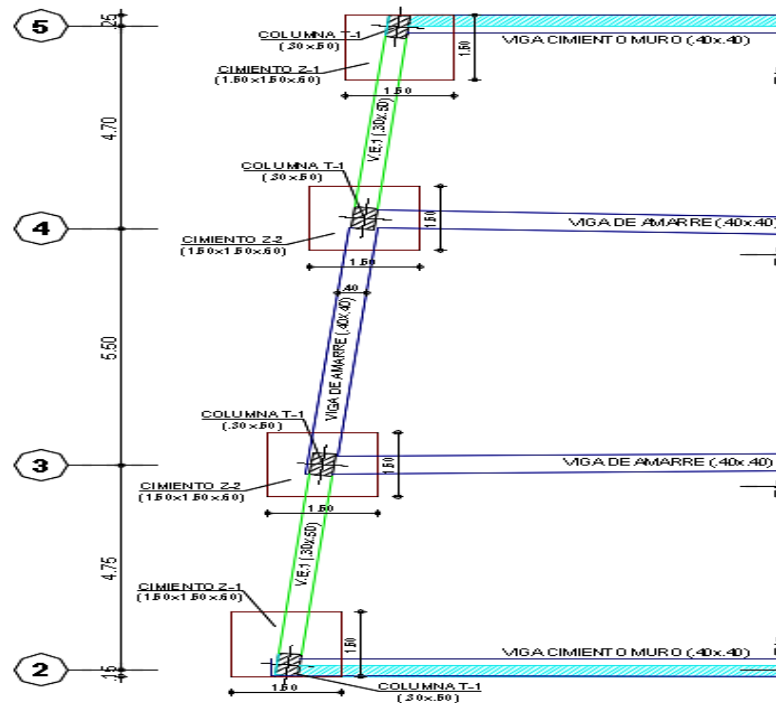


**Figura 5.** Planta Cimentación Parquederos.  
Fuente: Planos ORG

En este proyecto el practicante estuvo apoyando en el dibujo estructural de la cimentación y de la zona de parqueaderos, mediante la herramienta de dibujo Autodesk AutoCAD, los cuales se dibujaron a partir de los planos arquitectónicos.

En la cimentación de la zona de parqueaderos, cabe destacar que, debido a la arquitectura del proyecto, las columnas tuvieron que rotarse, a tal manera que se cumpliera la distancia pertinente para el acceso, según la arquitectura planteada para la entrada.

La ingeniería estructural como rama de la ingeniería civil, se encarga de resolver este tipo de problemas desde los más complejos a los más sencillos, para que el proyecto sea sísmicamente resistente, desde su fase de diseño y en su fase constructiva.



**Figura 6.** Cimentación Parqueaderos – Entrada.  
Fuente: Planos ORG

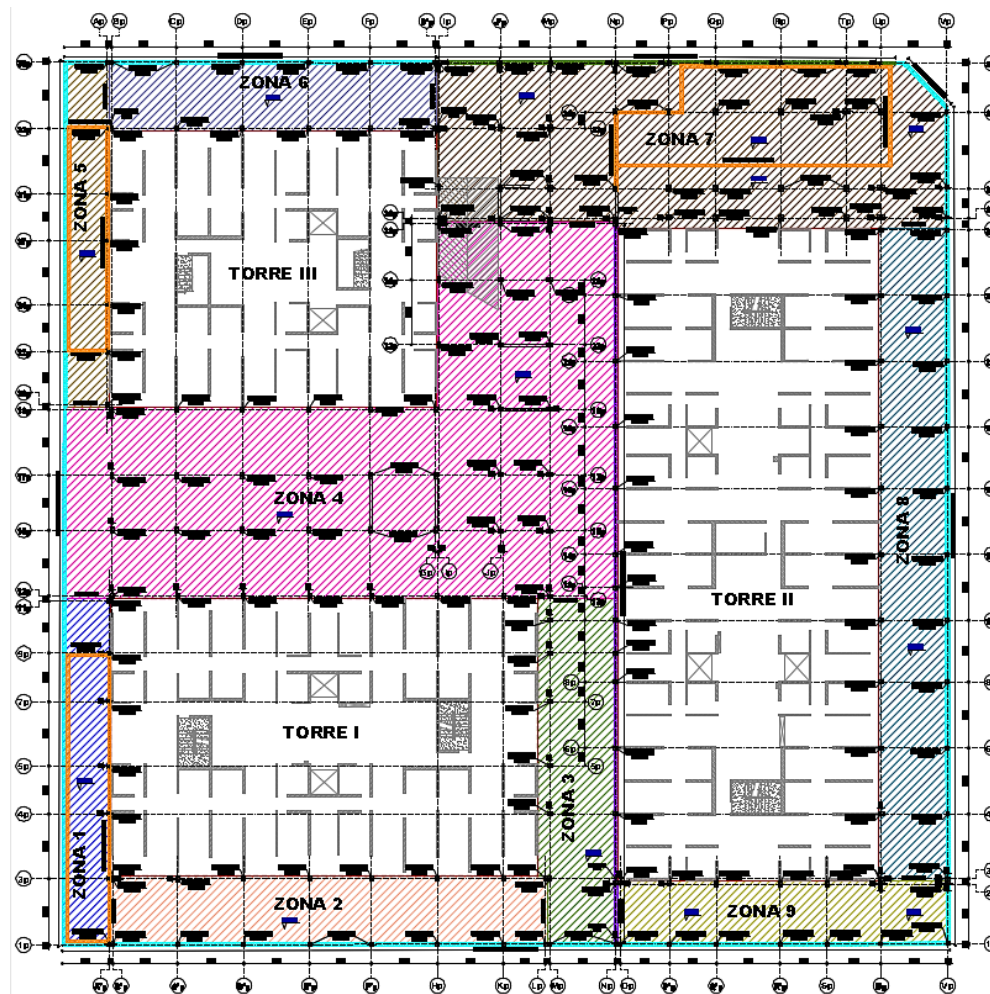
### 4.1.3 Cantidades de obra y cuantías para el Proyecto 3.

#### 4.1.3.1 Cantidades de obra para el proyecto 3.

El practicante trabaja en el cálculo de cantidades de acero y concreto en las zonas aporticadas para parqueaderos que consta de una torre de 5 placas, con 5 niveles de parqueaderos, un nivel de lobby y zona social. Se usa un sistema estructural aporticado con capacidad especial de disipación de energía DES. Para los elementos estructurales de la cimentación se usó un concreto de resistencia de 21 MPa. Para las vigas y placas una resistencia de 28 MPa y para las columnas y pantallas de 28MPa.

Tomando como base la hoja de cálculo de cantidades realizada para el proyecto 1, se diseñó una nueva hoja electrónica para obtener las cantidades de concreto.

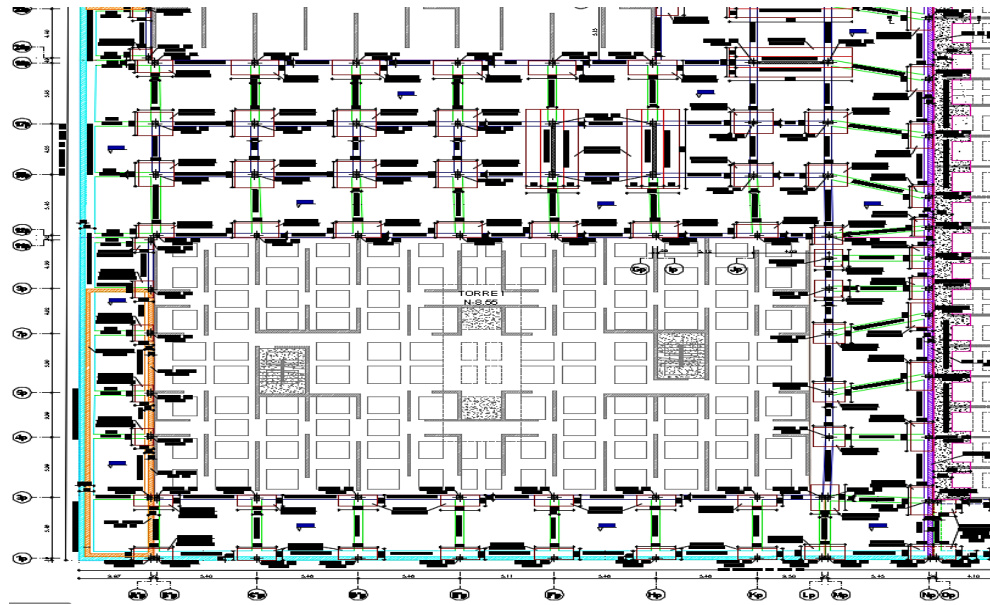
Debido a la magnitud del proyecto, se organiza la información de acuerdo como se encuentra dividido el sector aporticado del proyecto, que es por zonas.



**Figura 7.** Proyecto 3 – Zonas cimentación.

Fuente: Planos ORG

En la siguiente figura, observamos que todas las vigas enlace son, las que se conectan con las vigas cimiento, que se encuentran perimetralmente, limitando la cimentación del proyecto 3, así mismo conectándola a los demás elementos estructurales como las zapatas.



**Figura 8.** Cimentación Aporticado.  
Fuente: Planos ORG

Para el cálculo de la cantidad de acero en las vigas cimientos, se realiza de acuerdo al siguiente procedimiento:

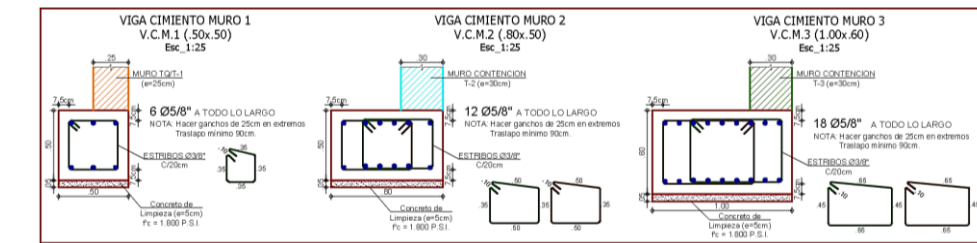
Teniendo la longitud total (Total) del elemento estructural, se multiplica por 1.15, para considerar desperdicio por los traslapos que se hacen en los elementos.

$$Lx = 1.15 * Ltotal$$

Luego, la longitud Lx, se divide en doce, que corresponde a la máxima longitud en metros que comercialmente venden los proveedores para los diámetros usados en edificaciones.

$$Lo = \frac{Lx}{12}$$

Lo, corresponde al número de varillas que caben en los doce metros, es decir unidad de varilla por los doce metros (Un/12 metros). El valor de Lo se multiplica por el número de varillas que se indican en la sección del elemento estructural, el cual corresponde a un total de varillas para la sección de las vigas, en la figura 10, se presenta algunos tipos de secciones que se les realiza el proceso descrito anteriormente.



**Figura 9.** Secciones Vigas Cimientos Muros.  
Fuente: Planos ORG

Finalmente, para obtener el número total de varillas se realiza el siguiente procedimiento:

$$L_v = L_o * \# \text{ de Varillas}$$

En la siguiente tabla se presenta un ejemplo de viga cimientos, obtenidas al calcular los aceros.

<b>V.C.M.1</b>	<b>62 Long</b>	<b># 5</b>	<b>12.0</b>	1200 cm	<b>5-1200-R</b>
	<b>582 Estribos</b>	<b># 3</b>	<b>1.6</b>	160 cm	<b>3-160-E</b>
	<b>LTot= 106.52 m</b>	Lx= 122.50 m	10.21	<b>#Varillas= 6.00</b>	

**Tabla 4.** Cantidad de varillas Longitudinales.  
Fuente: Autor

En las siguientes tablas, se presentan el resumen de los cálculos de las cantidades de concreto y del proyecto 3, para la cimentación aporcada.

<b>NOMENCLATURA</b>	<b>SECCIÓN</b>		<b>LONGITUD TOTAL</b>	<b>VOL UNITARIO</b>
<b>V.A</b>	0.40 m	0.40 m	276.47 m	44.23 m3
<b>V.A.2</b>	0.30 m	0.40 m	18.86 m	2.38 m3
<b>V.A.3</b>	0.40 m	0.50 m	5.30 m	1.06 m3
<b>V.C.M.1</b>	0.50 m	0.50 m	106.52 m	29.11 m3
<b>V.C.M.2</b>	0.80 m	0.50 m	164.71 m	65.88 m3
<b>V.C.M.3</b>	1.00 m	0.60 m	16.35 m	9.81 m3
<b>M.C.T-1</b>	e= 25 Cm		0	0
<b>M.C.T-2</b>	e= 30 Cm		0	0
<b>M.C.T-3</b>	e= 30 Cm		0	0
<b>M.C.Tanque</b>	e= 25 Cm		0	
<b>V.E.1</b>	0.40 m	0.50 m	34.19 m	6.84 m3
<b>V.E.2</b>	0.50 m	0.50 m	72.51 m	18.13 m3
<b>V.E.3</b>	0.60 m	0.50 m	14.40 m	3.33 m3
<b>V.E.4</b>	0.60 m	0.50 m	3.22 m	0.97 m3
<b>V.E.5</b>	0.50 m	0.50 m	31.89 m	7.97 m3
<b>V.E.6</b>	0.50 m	0.50 m	11.21 m	2.80 m3
<b>V.E.7</b>	0.40 m	0.40 m	3.89 m	0.62 m3
<b>V.E.8</b>	0.50 m	0.50 m	8.72 m	2.18 m3
<b>V.E.9</b>	0.60 m	0.50 m	5.74 m	1.72 m3
<b>V.E.10</b>	0.50 m	0.50 m	3.40 m	0.85 m3
<b>V.E.11</b>	0.50 m	0.50 m	3.50 m	0.88 m3
<b>V.E.12</b>	0.50 m	0.50 m	3.50 m	0.88 m3
<b>V.E.13</b>	0.50 m	0.60 m	21.86 m	6.56 m3

<b>V.E.14</b>	0.50 m	0.60 m	15.76 m	4.73 m <sup>3</sup>
<b>V.E.15</b>	0.50 m	0.60 m	11.17 m	3.35 m <sup>3</sup>
<b>V.E.16</b>	0.60 m	0.60 m	4.96 m	1.79 m <sup>3</sup>
<b>V.E.17</b>	0.60 m	0.60 m	5.39 m	1.94 m <sup>3</sup>
<b>V.E.18</b>	0.60 m	0.50 m	4.19 m	1.51 m <sup>3</sup>
<b>V.E.19</b>	0.40 m	0.50 m	6.95 m	1.39 m <sup>3</sup>
<b>V.E.20</b>	0.40 m	0.50 m	2.97 m	0.59 m <sup>3</sup>
<b>V.E.21</b>	0.50 m	0.50 m	16.70 m	4.18 m <sup>3</sup>
<b>V.C.1</b>	1.00 m	0.70 m	6.60 m	0 m <sup>3</sup>
<b>V.C.2</b>	1.20 m	0.70 m	7.10 m	0 m <sup>3</sup>
<b>V.C.3</b>	1.00 m	0.70 m	3.60 m	0 m <sup>3</sup>
<b>V.C.4</b>	0.80 m	0.70 m	6.40 m	0 m <sup>3</sup>
<b>V.C.5</b>	0.80 m	0.70 m	6.40 m	0 m <sup>3</sup>
<b>TOTALVIGAS</b>			<b>VOL TOTAL VIG CIMENTA [M<sup>3</sup>]</b>	<b>225.66 m<sup>3</sup></b>

**Tabla 5.** Concreto Total Vigas de Cimentación.

Fuente: Autor

<b>NOMENCLATURA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>SECCIÓN</b>		<b>ALTURA</b>	<b>VOLUMEN</b>
<b>Z-1 EXCENTRICO</b>	2	1.00 m	1.00 m	0.50 m	1.00 m <sup>3</sup>
<b>Z-2 EXCENTRICO</b>	10	1.20 m	1.20 m	0.50 m	7.20 m <sup>3</sup>
<b>Z-3 EXCENTRICO</b>	9	1.00 m	1.50 m	0.50 m	6.75 m <sup>3</sup>
<b>Z-4 EXCENTRICO</b>	51	1.00 m	2.10 m	0.50 m	53.55 m <sup>3</sup>

<b>Z-5 EXCENTRICO</b>	6	1.10 m	1.90 m	0.50 m	6.27 m <sup>3</sup>
<b>Z-6 EXCENTRICO</b>	14	1.20 m	2.20 m	0.50 m	18.48 m <sup>3</sup>
<b>Z-7 EXCENTRICO</b>	3	1.20 m	2.50 m	0.50 m	4.50 m <sup>3</sup>
<b>Z-8 EXCENTRICO</b>	8	1.30 m	2.40 m	0.60 m	14.98 m <sup>3</sup>
<b>Z-9 EXCENTRICO</b>	11	1.30 m	2.60 m	0.60 m	22.31 m <sup>3</sup>
<b>Z-10</b>	8	1.50 m	1.50 m	0.50 m	9.00 m <sup>3</sup>
<b>Z-11</b>	1	1.50 m	1.70 m	0.50 m	1.28 m <sup>3</sup>
<b>Z-12</b>	1	1.50 m	2.30 m	0.50 m	1.73 m <sup>3</sup>
<b>Z-13</b>	3	1.70 m	1.70 m	0.50 m	4.34 m <sup>3</sup>
<b>Z-14</b>	3	1.70 m	1.90 m	0.50 m	4.85 m <sup>3</sup>
<b>Z-15</b>	8	1.90 m	2.10 m	0.50 m	15.96 m <sup>3</sup>
<b>Z-16</b>	2	2.00 m	2.00 m	0.50 m	4.00 m <sup>3</sup>
<b>Z-17</b>	13	2.10 m	2.30 m	0.60 m	37.67 m <sup>3</sup>
<b>Z-18</b>	2	6.60 m	2.60 m	0.70 m	24.02 m <sup>3</sup>
<b>Z-19</b>	2	7.10 m	2.80 m	0.70 m	27.83 m <sup>3</sup>
<b>Z-20</b>	1	3.00 m	3.60 m	0.70 m	7.56 m <sup>3</sup>
<b>PLACA CIMIENTO FOSO</b>	1	6.40 m	5.40 m	0.70 m	24.19 m <sup>3</sup>
<b>TOTAL ZAPATAS</b>	159			<b>VOL TOTAL DE ZAPATAS [M<sup>3</sup>]</b>	<b>297.46 m<sup>3</sup></b>

**Tabla 6.** Cantidad de Concreto – Zapatas.  
Fuente: Autor

El volumen del concreto de limpieza, se obtiene de la siguiente manera, Área total multiplicado por el espesor del concreto de limpieza y se obtiene el volumen total de solado en metros cúbicos.

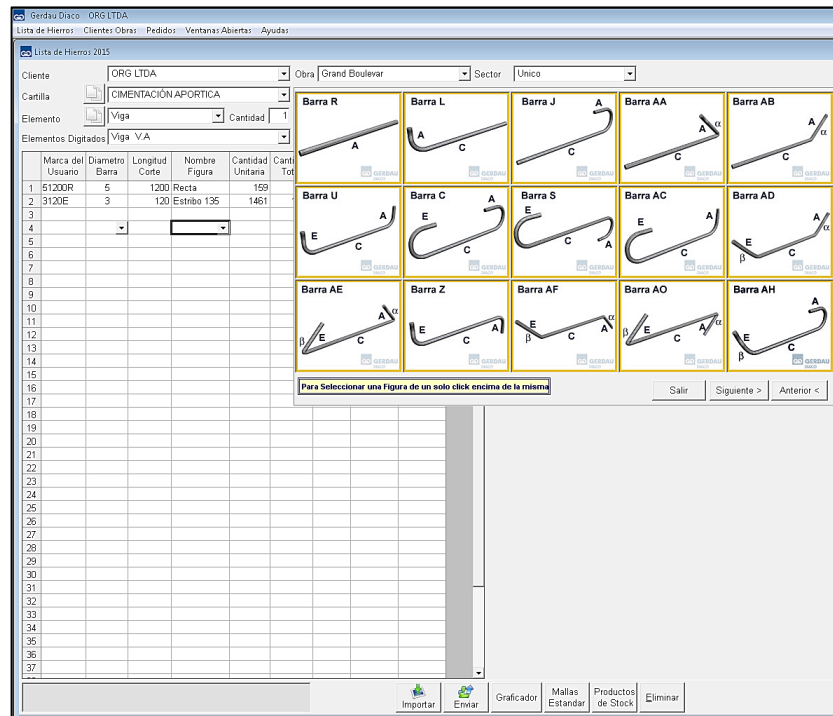
**Acimientos** = 522.15 m<sup>2</sup>  
**Área Total Vigas** = 490.76 m<sup>2</sup>

$$\text{Vol Total CLimpieza} = \text{Atotal} * \text{espesor}$$

$$\text{Vol Total CLimpieza} = 1012.91 \text{ m}^2 * 0.05 \text{ m}$$

$$\text{Vol Total CLimpieza} = 50.65 \text{ m}^3$$

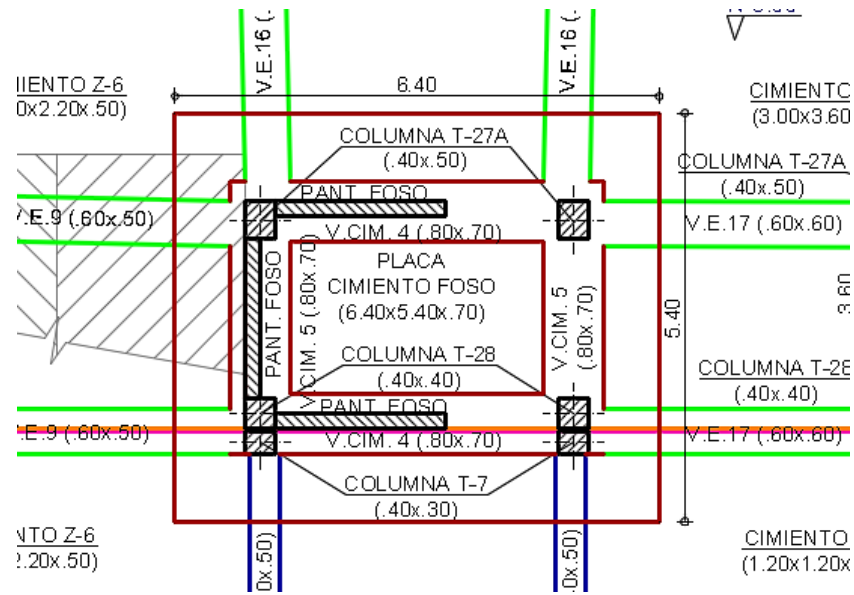
Para el cálculo de las cantidades de acero, se empleó el software Gerdau Diaco. En la figura 11, se muestra las distintas configuraciones de acero que contiene el programa, para obtener el total de acero que se emplea para la cimentación en el proyecto 3.



**Figura 10.** Figuración de los aceros en Gerdau Diaco.  
Fuente: Gerdau Diaco ORG

Para el foso del ascensor, vemos que se ubican de manera perimetral, pantallas que tiene como función principal la resistencia ante fuerzas cortantes, momentos y fuerzas axiales.

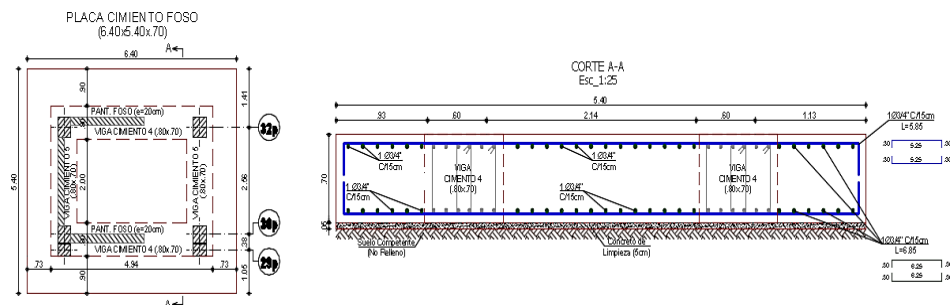
Observamos, en la figura 11, una vista en planta de la placa cimiento correspondiente al foso del ascensor y las vigas cimientos ubicados a su interior.



**Figura 11.** Vista en planta Placa Cimiento.  
Fuente: Planos ORG

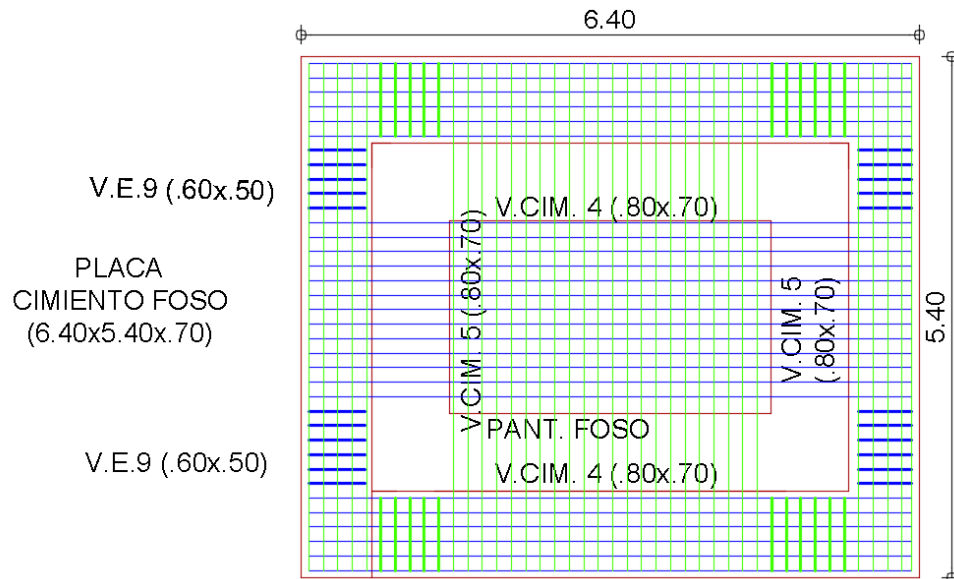
En este caso tenemos que el espesor de la placa es igual al espesor de las vigas cimiento, de tal manera, la distribución del acero para estos elementos de cimentación, se realizara de la siguiente manera:

Inicialmente, tenemos los cortes de cada elemento de cimentación, de los cuales partimos para calcular las cantidades acero y ver la distribución real, que se realizara en obra, en la figura 12, observamos el corte de la placa.



**Figura 12.** Planta y Corte Placa Cimiento Foso.  
Fuente: Planos ORG

En este análisis, debemos tener en cuenta que, si permitimos que el acero de la placa continúe en las vigas cimiento, aumentaría la resistencia de las vigas, es decir, estarían sobre diseñadas, por esto una solución óptima y constructiva para este caso, sería realizar la siguiente distribución para los aceros en placa y vigas, que se presenta a continuación.



**Figura 13.** Distribución Acero Placa Cimiento Foso.  
Fuente: Planos ORG

En la figura 13, apreciamos, unas varillas en color verde y en azul, de mayor espesor, los cuales son los aceros, que no se presentan en los cortes, y constructivamente van a quedar estos espacios para la ubicación de estas mismas, con la variación de las longitudes del acero respecto a las longitudes que se presentan en los despieces de la placa del foso del ascensor y las vigas cimiento.

Por otra parte, para el cálculo del acero de la losa de Antepiso, se debe tener en cuenta el área total de todas las zonas de la cimentación, que corresponde a un área de 2,768.46 m<sup>2</sup>. El refuerzo indicado según planos estructurales, es una malla de 6.50 mm (diámetro de las barras) con una separación de cada 15 centímetros en cada sentido, lo cual corresponde a una malla tipo M221.

Estos cálculos de acero en mallas, se realizan bajo la malla estándar de dimensiones de 2.35 x 6.0 metros, el cual nos da un área estándar de malla igual 14.10 m<sup>2</sup>, la malla tipo M221, tiene un peso de 49.40 Kg. Ya con estos datos, podemos obtener el peso total del acero para la losa de Antepiso. Luego, para conocer el peso total del acero, correspondiente a la losa, se realiza los siguientes cálculos.

Teniendo el área total de la losa de Antepiso, se multiplica por 1.15, debido a los traslajos que se deben realizar para las mallas en obra y exigidas en NSR (2010).

$$Area\ Totalx = 1.15 * Area\ totalLosa$$

$$Area\ Total = 1.15 * 2768.46\ m^2 = \mathbf{3183.73\ m^2}$$

Luego se divide en el valor correspondiente al área de la malla estándar y se obtienen aproximadamente, las mallas que se necesitan para la losa y finalmente lo multiplicamos por el peso de la malla M221, para tener el peso total del acero para este elemento.

$$\frac{Area\ totalx}{Area\ Esandar} = \frac{3183.73}{14.10} = 226\ Mallas\ Tipo\ M22$$

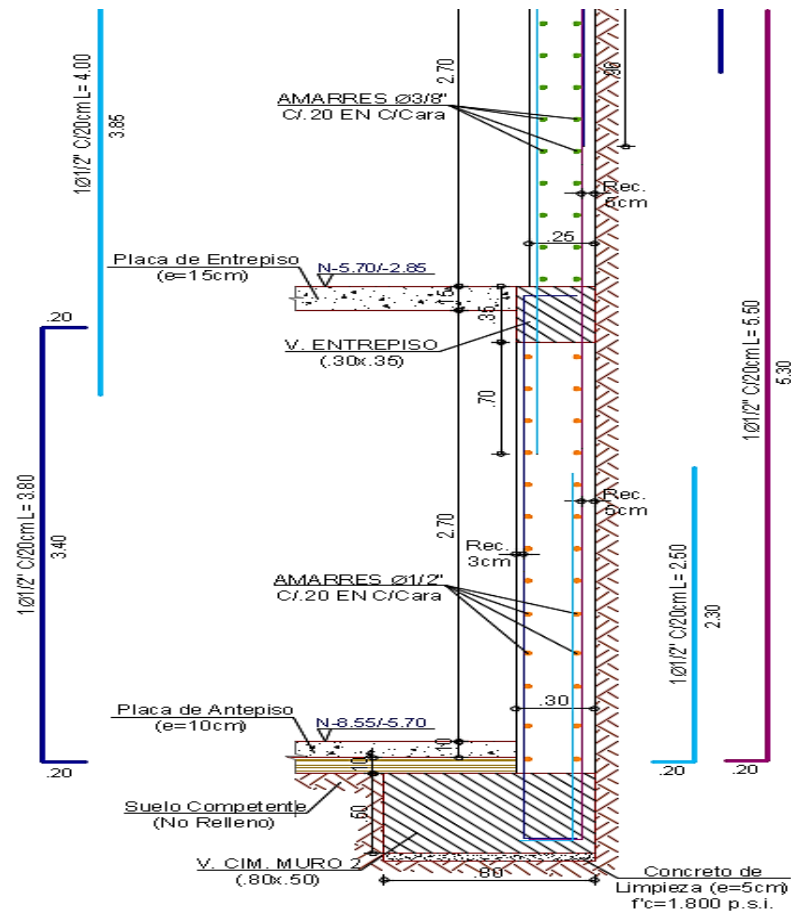
$$PesoTotal\ M221 = 226Mallas * 49.40\ Kg$$

$$PesoTotal\ M221 = 11,164\ Kg$$

En algunos proyectos, es común usar para el refuerzo de las losas, mallas electro soldadas, ya que debido a la magnitud del área que contempla la losa de Antepiso para la cimentación, se hacen útiles debido a sus características, son de acero flexible y de alta resistencia, puesta en obra, la finalidad es reducir peso propio a las estructuras.

Por otro lado, cabe resaltar la función que tienen los muros de contención, ya que son elementos de estructurales, que soportan por lo general, esfuerzos horizontales producidos por el empuje de tierras, para evitar el deslizamiento y volcamiento, producido por los momentos actuantes.

En el proyecto 3, podemos observar que el despiece realizado para el muro de contención T-2, se ubican refuerzos verticales dobles, en esta sección del muro, debido a que se presentan cargas horizontales grandes por parte del terreno natural y lo observamos en la figura 14. Este muro de contención, se encuentra ubicado en la zona 3, del sector apoticado de este proyecto.



**Figura 14.** Despiece Muro de Contención T-2  
Fuente: Planos ORG

Para el cálculo de los amarres en los muros de contención, se tuvo en el siguiente procedimiento.

Teniendo la longitud total ( $L_{total}$ ) del elemento estructural, de manera longitudinal, se multiplica por 1.15, debido a los traslajos que se deben realizar.

$$Longitud\ Total\ Muro(Longitudinal) = 1.15 * L_{total} * \#Total\ de\ Varillas$$

Luego,  $Lo$  ( $Longitud\ Total\ Muro$ ) se divide en doce, que nos daría el número total de varillas de 12 metros, que aproximadamente, se ubicaran en el muro de contención. Se

$$Longitud\ Total\ Muro(Longitudinal) = 1.15 * L_{total} * \#Total\ de\ Varillas$$

Después, se toma el valor entero, del valor anterior calculado y este, lo multiplicamos, por 12 m, para luego, obtener la longitud total, de la siguiente manera. Se tomó como ejemplo, la placa del muro de contención de la zona 7,

donde se ubican 25 varillas de manera longitudinal, tanto en el refuerzo superior e inferior.

$$L_{Total} = 22.93 * 1.15 * (25 * 2) = 1331 \text{ m}$$

$$\frac{1331}{12\text{m}} = 110.92 \text{ Varillas}$$

Se toma el valor entero, que sería 110 Varillas y se multiplica de nuevo por 12, y nos da la longitud total correspondiente a 110 varillas que sería igual a 1320m. Después se restan estos dos valores.

$$1331\text{m} - 1320\text{m} = 11 \text{ m}$$

Para el cual estamos teniendo, en cuenta el valor real de varillas aproximadas que se ubicara en la placa del muro de contención de la zona 7, que serían 110 varillas de 12 metros y 50 varillas restantes de 11 metros, correspondiente a esta placa.

En la tabla 9, veremos los resultados obtenidos en volumen de concreto para las columnas del sector aporticado.

NOMENCLATURA	CANTIDAD	SECCIÓN		LONGITUD	VOLUMEN m <sup>3</sup>
<b>T-1</b>	14	0.30 m	0.30 m	7.50 m	9.45 m <sup>3</sup>
<b>T-2</b>	11	0.30 m	0.40 m	7.50 m	9.90 m <sup>3</sup>
<b>T-3</b>	1	0.30 m	0.40 m	7.50 m	0.90 m <sup>3</sup>
<b>T-3A</b>	2	0.30 m	0.40 m	6.82 m	1.64 m <sup>3</sup>
<b>T-4</b>	2	0.30 m	0.40 m	2.45 m	0.59 m <sup>3</sup>
		0.30 m	0.50 m	7.50 m	2.25 m <sup>3</sup>
<b>T-5</b>	19	0.30 m	0.40 m	9.95 m	22.69 m <sup>3</sup>
<b>T-6</b>	32	0.30 m	0.40 m	12.40 m	47.62 m <sup>3</sup>
<b>T-7</b>	3	0.30 m	0.40 m	12.40 m	4.47 m <sup>3</sup>
<b>T-8</b>	14	0.30 m	0.50 m	12.40 m	26.04 m <sup>3</sup>
<b>T-9</b>	8	0.30 m	0.50 m	12.40 m	14.88 m <sup>3</sup>

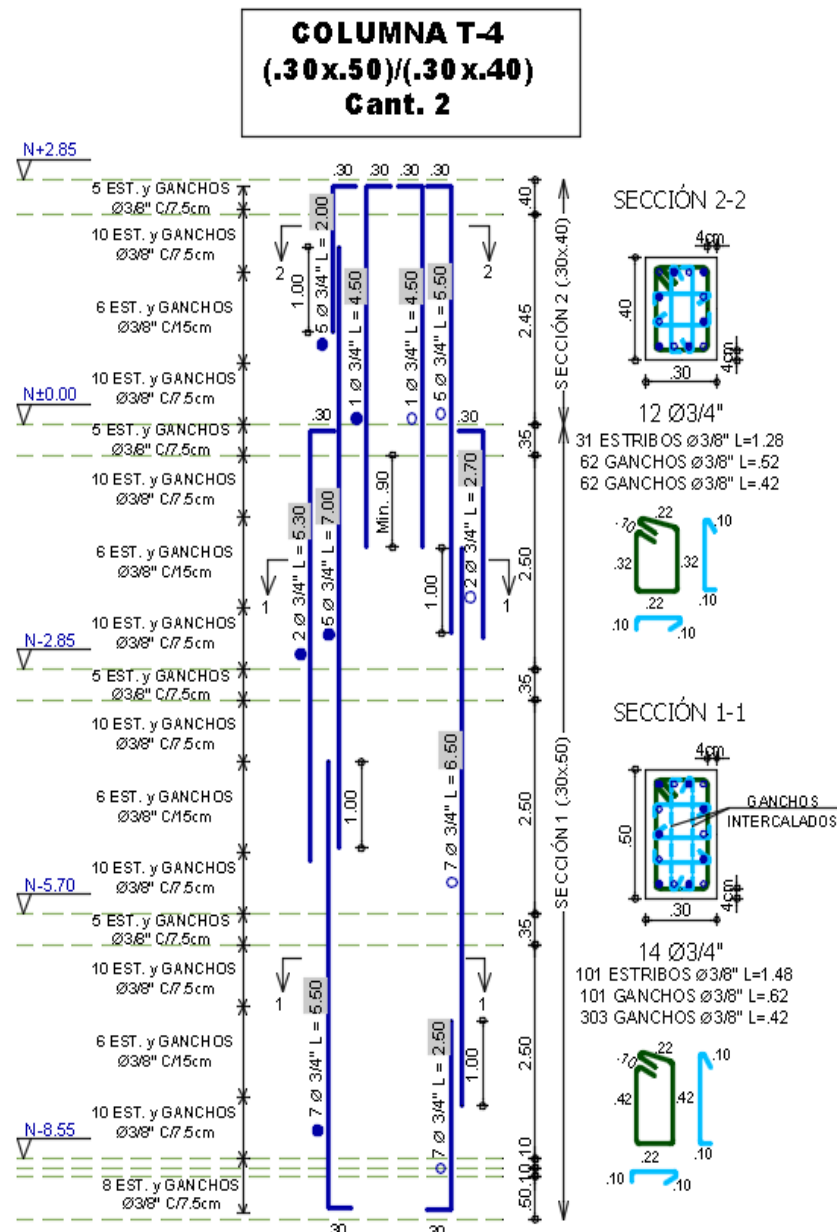
<b>T-10</b>	4	0.25 m	0.50 m	12.50 m	6.25 m <sup>3</sup>
<b>T-10A</b>	2	0.25 m	0.50 m	12.40 m	3.10 m <sup>3</sup>
<b>T-11</b>	2	0.30 m	0.30 m	5.00 m	0.90 m <sup>3</sup>
<b>T-12</b>	2	0.30 m	0.40 m	5.00 m	1.20 m <sup>3</sup>
<b>T-13</b>	2	0.30 m	0.30 m	6.02 m	1.09 m <sup>3</sup>
<b>T-14</b>	1	0.30 m	0.30 m	7.15 m	0.65 m <sup>3</sup>
<b>T-15</b>	15	0.30 m	0.30 m	7.50 m	10.13 m <sup>3</sup>
<b>T-16</b>	3	0.30 m	0.50 m	9.55 m	4.30 m <sup>3</sup>
<b>T-17</b>	2	0.30 m	0.40 m	2.40 m	0.58 m <sup>3</sup>
		0.30 m	0.50 m	7.50 m	2.25 m <sup>3</sup>
<b>T-18</b>	7	0.30 m	0.40 m	9.95 m	8.36 m <sup>3</sup>
<b>T-19</b>	2	0.30 m	0.40 m	9.95 m	2.39 m <sup>3</sup>
<b>T-20</b>	2	0.30 m	0.40 m	7.47 m	1.80 m <sup>3</sup>
<b>T-21</b>	4	0.30 m	0.30 m	2.50 m	0.90 m <sup>3</sup>
<b>T-22</b>	2	0.30 m	0.30 m	7.50 m	1.35 m <sup>3</sup>
<b>T-23</b>	2	0.30 m	0.40 m	10.00 m	2.40 m <sup>3</sup>
<b>T-24</b>	1	0.40 m	0.50 m	9.95 m	1.99 m <sup>3</sup>
<b>T-25</b>	1	0.40 m	0.40 m	4.90 m	0.79 m <sup>3</sup>
		0.40 m	0.50 m	12.70 m	2.54 m <sup>3</sup>
<b>T-26</b>	1	0.40 m	0.40 m	4.90 m	0.79 m <sup>3</sup>
		0.40 m	0.60 m	12.70 m	3.05 m <sup>3</sup>
<b>T-27</b>	5	0.40 m	0.50 m	19.90 m	19.90 m <sup>3</sup>

<b>T-27A</b>	3	0.40 m	0.50 m	22.35 m	13.41 m <sup>3</sup>
<b>T-28</b>	3	0.40 m	0.40 m	22.50 m	10.80 m <sup>3</sup>
<b>T-29</b>	2	0.40 m	0.50 m	10.20 m	4.08 m <sup>3</sup>
<b>T-30</b>	1	0.40 m	0.60 m	10.20 m	2.45 m <sup>3</sup>
<b>T-31</b>	1	0.40 m	0.40 m	2.45 m	0.40 m <sup>3</sup>
		0.40 m	0.50 m	12.65 m	2.53 m <sup>3</sup>
<b>T-32</b>	1	0.40 m	0.40 m	4.90 m	0.79 m <sup>3</sup>
		0.40 m	0.50 m	10.20 m	2.04 m <sup>3</sup>
<b>T-33</b>	1	0.40 m	0.40 m	4.90 m	0.79 m <sup>3</sup>
		0.40 m	0.60 m	10.20 m	2.45 m <sup>3</sup>
<b>T-34</b>	1	0.40 m	0.40 m	17.55 m	2.81 m <sup>3</sup>
<b>T-35</b>	1	0.40 m	0.40 m	4.90 m	0.79 m <sup>3</sup>
		0.40 m	0.50 m	12.65 m	2.53 m <sup>3</sup>
<b>T-36</b>	2	0.40 m	0.50 m	17.55 m	7.02 m <sup>3</sup>
<b>Total Columnas</b>	182			<b>VOL TOTAL DE COLUMNAS [M<sup>3</sup>]</b>	<b>270.03 m<sup>3</sup></b>

**Tabla 7.** Volumen de Concreto – Columnas.

Fuente: Autor

Para obtener la cartilla de las columnas, es importante contar con cada uno de los despieces de los diferentes tipos de columnas que contenga el proyecto. Para este caso en la Figura 12, observamos el despiece de la columna T-4, que igualmente que las vigas, la nomenclatura va según su geometría.



**Figura 15.** Despiece Columna T-4  
Fuente: Planos ORG

Para este caso se realizó el cálculo del peso de las varillas correspondiente a la columna T-4, con la finalidad de comparar los resultados obtenidos en el programa Gerdau Diaco, que resultan iguales a los calculados en la Hoja de Excel.

ELEMENTO	CANTIDAD	#VARILLA	LONGITUD	Total [CM]	Nomenclatura DIACO	PESO Kg	PESO TOTAL Kg
<b>T-4</b>	12 Longs	# 6	5.50	550 cm	<b>6-550-L</b>	148	<b>1,396 Kg</b>
	2 Longs	# 6	5.30	530 cm	<b>6-530-L</b>	24	
	5 Longs	# 6	2.00	200 cm	<b>6-200-L</b>	23	
	7 Longs	# 6	6.50	650 cm	<b>6-650-R</b>	102	
	5 Longs	# 6	7.00	700 cm	<b>6-700-L</b>	79	
	2 Longs	# 6	4.50	450 cm	<b>6-450-L</b>	21	
	7 Longs	# 6	2.50	250 cm	<b>6-250-L</b>	40	
	2 Longs	# 6	2.70	270 cm	<b>6-270-L</b>	13	
	31 Estribos	# 3	1.28	128 cm	<b>3-128-E</b>	23	
	101 Estribos	# 3	1.48	148 cm	<b>3-148-E</b>	84	
	62 Ganchos	# 3	0.52	52 cm	<b>3-52-AD</b>	19	
	101 Ganchos	# 3	0.62	62 cm	<b>3-62-AD</b>	36	
	365 Ganchos	# 3	0.42	42 cm	<b>3-42-AD</b>	86	

**Tabla 8.** Cantidad de Varillas Columna T17.  
Fuente: Autor

En las figuras 14, se presenta el peso total en Kilogramos, calculado por Gerdau Diaco, para la columna T-4.

<b>CLIENTE:</b> ORG LTDA	<b>SECTOR:</b> Unico
<b>OBRA:</b> Grand Boulevard	<b>PESO LISTA</b> 1,357 kg
<b>LISTA DE HIERROS:</b> COLUMNAS APORTICADO	

342AD	342AD	365	730	3	W 60	42	0.24	172	 
-------	-------	-----	-----	---	------	----	------	-----	--

Resumen Total		
Diametro	Calidad	Peso
3	W 60	467
6	W 60	890
		Total: 1,357

**Figura 16.** Peso Total Columna T-4.  
Fuente: Gerdau Diaco ORG

#### 4.1.3.2 Promedios obtenidos para el proyecto 3.

Se presentarán, los elementos principales al sistema de resistencia sísmica del proyecto, en este caso columnas, pantallas, vigas y placas. Estos promedios se dan en referencia a los kilogramos por el área correspondiente.

Los promedios obtenidos para las columnas y pantallas, del sector aporticado, se presentan a continuación.

**Área total Construida = 12.063 m<sup>2</sup>**

DIAMETRO	PESO (Kg)
Ø3/8"	48526
Ø1/2"	2285
Ø5/8"	7515
Ø3/4"	61133
Ø7/8"	7151
MALLA 8mm C/.15	1493

**Tabla 9.** Peso por Diámetros para Columnas y Pantallas.  
Fuente: Resúmenes ORG

$$\begin{aligned} \text{Peso Total Hierro} &= 128102 \text{ Kg} \\ \text{Promedio Col-Pant} &= \frac{128102}{12063} \left( \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right) = 10.6 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \end{aligned}$$

Como vemos el promedio total para columnas y pantallas, nos presenta la tendencia que tienen las columnas y pantallas que, por cada m<sup>2</sup>, aproximadamente estarán 10.6 Kilogramos de acero para estos elementos estructurales.

Los promedios obtenidos para las placas y vigas, los promedios fueron calculados según la distribución del sector aporcado, es decir, por sus distintas zonas.

- Para la zona 1, estos fueron los resultados:

DIAMETRO	PESO (Kg)
Ø3/8"	1620
Ø5/8"	2221
Ø3/4"	367

**Tabla 10.** Peso por Diámetros para Vigas de Zona 1.  
Fuente: Resúmenes ORG

Área Total Placa Maciza [m <sup>2</sup> ]	Hierro Placas Macizas φ3/8" [kg]
248	3491

**Tabla 11.** Peso por Diámetros para Placas de Zona 1.  
Fuente: Resúmenes ORG

$$\begin{aligned} \text{Peso Total Hierro} &= 7700 \text{ Kg} \\ \text{Área Zona} &= 345 \text{ m}^2 \\ \text{Promedio Total Z1} &= \frac{7700}{345} \left( \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right) = 22.3 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \end{aligned}$$

- Para la Zona 2, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

DIAMETRO	PESO (Kg)
Ø3/8"	2053
Ø5/8"	2543
Ø3/4"	1278

**Tabla 12.** Peso por Diámetros para Vigas de Zona 2.  
Fuente: Resúmenes ORG

Área Total Placa Maciza [m <sup>2</sup> ]	Hierro Placas Macizas φ3/8" [kg]
526	7113

**Tabla 13.** Peso por Diámetros para Placas de Zona 2.  
Fuente: Resúmenes ORG

**Peso Total Hierro** = 12986 Kg  
**Área Zona** = 629 m<sup>2</sup>  
**Promedio Total Z2** =  $\frac{12986}{629} \left(\frac{Kg}{m^2}\right) = 20.7 \frac{Kg}{m^2}$

- Para la Zona 3, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

DIAMETRO	PESO (Kg)
Ø3/8"	2856
Ø1/2"	25
Ø5/8"	4097
Ø3/4"	1421
Ø7/8"	428

**Tabla 14.** Peso por Diámetros para Vigas de Zona 3.  
Fuente: Resúmenes ORG

Área Total Placa Maciza [m <sup>2</sup> ]	Hierro Placas Macizas ø3/8" [kg]
537	11101

**Tabla 15.** Peso por Diámetros para Placas de Zona 3.  
Fuente: Resúmenes ORG

**Peso Total Hierro** = 19928 Kg  
**Área Zona** = 863.5 m<sup>2</sup>  
**Promedio Total Z3** =  $\frac{19928}{863.5} \left(\frac{Kg}{m^2}\right) = 23.1 \frac{Kg}{m^2}$

- Para la Zona 4, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

DIAMETRO	PESO (Kg)
Ø1/4"	191
Ø3/8"	13670
Ø5/8"	20050
Ø3/4"	7535
Ø7/8"	1570
Ø1"	318
MALLA 8mm C/.15	561

**Tabla 16.** Peso por Diámetros para Vigas de Zona 4.  
Fuente: Resúmenes ORG

Área Total Placa Maciza [m <sup>2</sup> ]	Hierro Placas Macizas $\phi 3/8''$ [kg]	Hierro Placas Macizas $\phi 1/2''$ [kg]	Hierro Muro Piscina $\phi 1/2''$ [kg]
2,829	55422	26715	914

**Tabla 17.** Peso por Diámetros para Placas de Zona 4.  
Fuente: Resúmenes ORG

**Peso Total Hierro** = 126946 Kg  
**Área Zona** = 4884 m<sup>2</sup>  
**Promedio Total Z4** =  $\frac{126946}{4884} \left( \frac{Kg}{m^2} \right) = 26.0 \frac{Kg}{m^2}$

- Para la Zona 5, los resultados obtenidos fueron los siguientes,

DIAMETRO	PESO (Kg)
$\emptyset 3/8''$	1504
$\emptyset 5/8''$	1999
$\emptyset 3/4''$	161

**Tabla 18.** Peso por Diámetros para Vigas de Zona 5.  
Fuente: Resúmenes ORG

Área Total Placa Maciza [m <sup>2</sup> ]	Hierro Placas Macizas $\phi 3/8''$ [kg]
250	3493

**Tabla 19.** Peso por Diámetros para Placas de Zona 5.  
Fuente: Resúmenes ORG

**Peso Total Hierro** = 7156 Kg  
**Área Zona** = 325 m<sup>2</sup>  
**Promedio Total Z5** =  $\frac{7156}{325} \left( \frac{Kg}{m^2} \right) = 22.0 \frac{Kg}{m^2}$

- Para la Zona 6, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

DIAMETRO	PESO (Kg)
$\emptyset 3/8''$	1573
$\emptyset 5/8''$	1873
$\emptyset 3/4''$	849
$\emptyset 7/8''$	102
$\emptyset 1''$	32

**Tabla 20.** Peso por Diámetros para Vigas de Zona 6.  
Fuente: Resúmenes ORG

Área Total Placa Maciza [m <sup>2</sup> ]	Hierro Placas Macizas φ3/8" [kg]
432	5821

**Tabla 21.** Peso por Diámetros para Placas de Zona 6.  
Fuente: Resúmenes ORG

**Peso Total Hierro** = 10250 Kg  
**Área Zona** = 473 m<sup>2</sup>  
**Promedio Total Z6** =  $\frac{10250}{473} \left(\frac{Kg}{m^2}\right) = 21.70 \frac{Kg}{m^2}$

- Para la Zona 7, los resultados obtenidos fueron los siguientes,

DIAMETRO	PESO (Kg)
Ø3/8"	11205
Ø1/2"	279
Ø5/8"	17441
Ø3/4"	5348
Ø7/8"	298
Ø1"	147

**Tabla 22.** Peso por Diámetros para Vigas de Zona 6.  
Fuente: Resúmenes ORG

Área Total Placa Maciza [m <sup>2</sup> ]	Hierro Placas Macizas φ1/2" [kg]	Hierro Placas Macizas φ3/8" [kg]
2090	1853	35009

**Tabla 23.** Peso por Diámetros para Placas de Zona 6.  
Fuente: Resúmenes ORG

**Peso Total Hierro** = 71580 Kg  
**Área Zona** = 2868 m<sup>2</sup>  
**Promedio Total Z7** =  $\frac{71580}{2868} \left(\frac{Kg}{m^2}\right) = 25.0 \frac{Kg}{m^2}$

- Para la Zona 8, los resultados obtenidos fueron los siguientes,

DIAMETRO	PESO (Kg)
Ø3/8"	11205
Ø1/2"	279
Ø5/8"	17441
Ø3/4"	5348
Ø7/8"	298
Ø1"	147

**Tabla 24.** Peso por Diámetros para Vigas de Zona 8.  
Fuente: Resúmenes ORG

Área Total Placa Maciza [m <sup>2</sup> ]	Hierro Placas Macizas φ3/8" [kg]
718	13,387

**Tabla 25.** Peso por Diámetros para Placas de Zona 8.  
Fuente: Resúmenes ORG

**Peso Total Hierro** = 24150 Kg  
**Área Zona** = 1055 m<sup>2</sup>  
**Promedio Total Z8** =  $\frac{24150}{1055} \left( \frac{Kg}{m^2} \right) = 22.9 \frac{Kg}{m^2}$

- Para la Zona 9, los resultados obtenidos fueron los siguientes,

DIAMETRO	PESO (Kg)
Ø3/8"	1,625
Ø1/2"	21
Ø5/8"	2,000
Ø3/4"	711
Ø7/8"	185

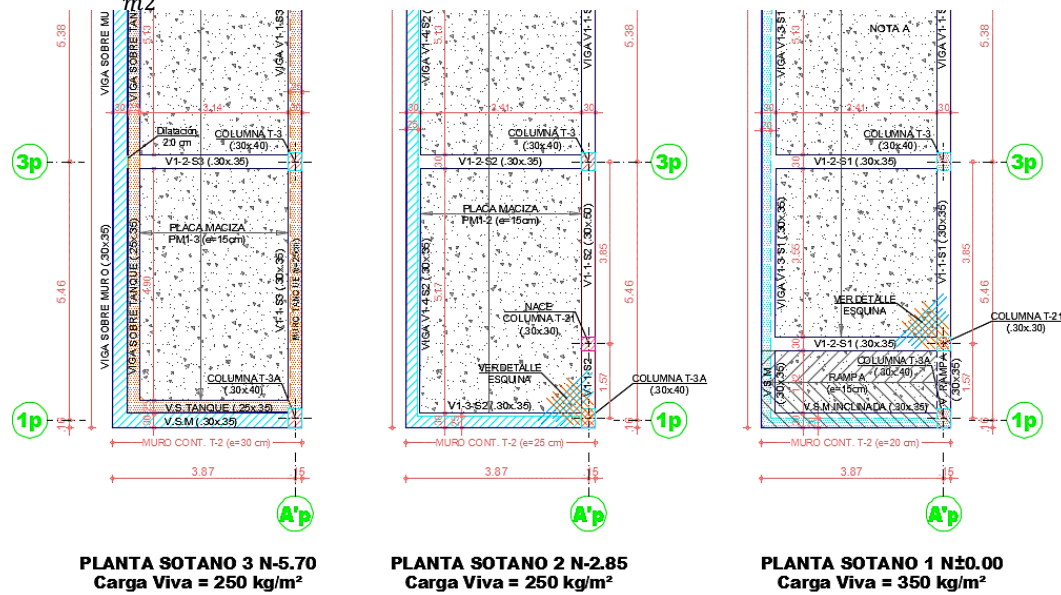
**Tabla 26.** Peso por Diámetros para Vigas de Zona 9.  
Fuente: Resúmenes ORG

Área Total Placa Maciza [m <sup>2</sup> ]	Hierro Placas Macizas φ3/8" [kg]
718	4,739

**Tabla 27.** Peso por Diámetros para Placas de Zona 9.  
Fuente: Resúmenes ORG

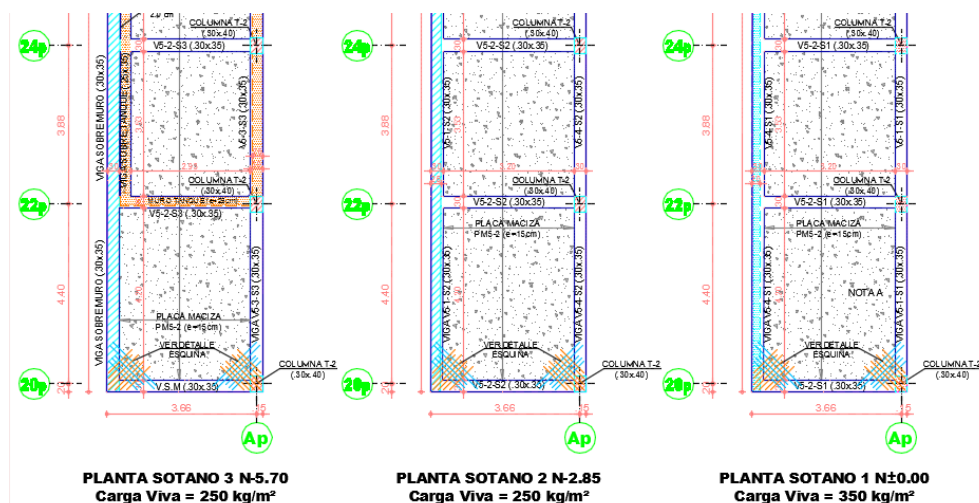
**Peso Total Hierro** = 9281 Kg  
**Área Zona** = 354 m<sup>2</sup>  
**Promedio Total Z9** =  $\frac{9281}{354} \left( \frac{Kg}{m^2} \right) = 26.2 \frac{Kg}{m^2}$

En la figura 7, observamos la distribución de las zonas del proyecto 3, por lo cual vemos que las zonas 1 y 5 son similares, y el resultado de sus promedios son semejantes. Para la zona 1 el promedio obtenido fue de  $22.30 \frac{Kg}{m^2}$  y para la zona 5 fue de  $22.0 \frac{Kg}{m^2}$ .



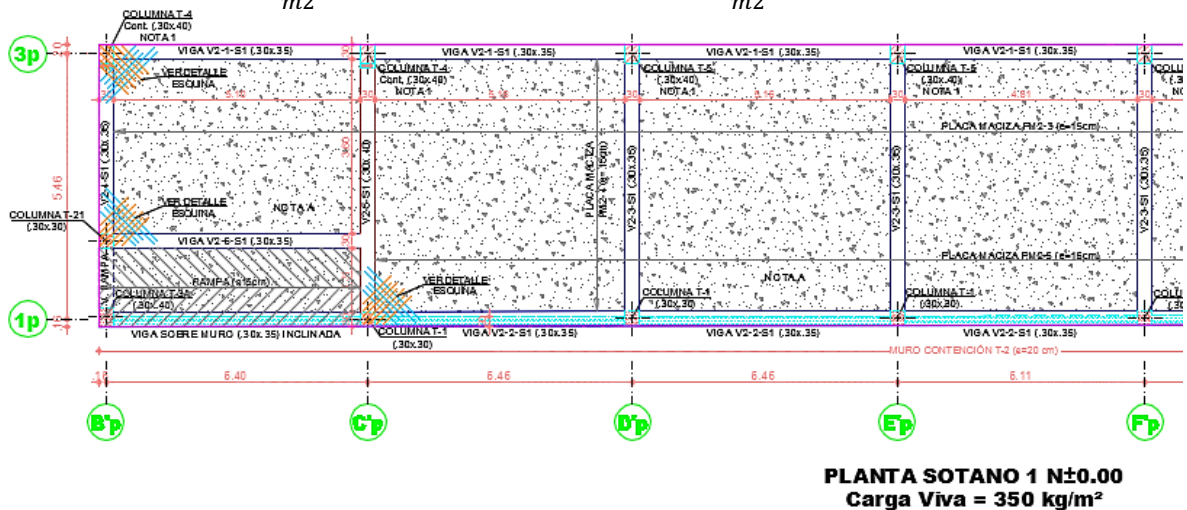
**Figura 17.** Plantas Zona 1 – Rampa Sótano 1.  
Fuente: Planos ORG

La diferencia que se presente entre estas dos zonas, es que en el sótano 1 (N+0.00), se encuentran ubicadas las rampas peatonales que conectan con Zona 2, según distribución arquitectónica.



**Figura 18.** Plantas Zona 5.  
Fuente: Planos ORG

Según Figura 7, se observa que las zonas 2 y 6 son similares, por lo cual los resultados de sus promedios son aproximados. Para el promedio 2 se obtuvo un promedio de  $20.70 \frac{Kg}{m^2}$  y para la zona 6 fue de  $21.7 \frac{Kg}{m^2}$ .

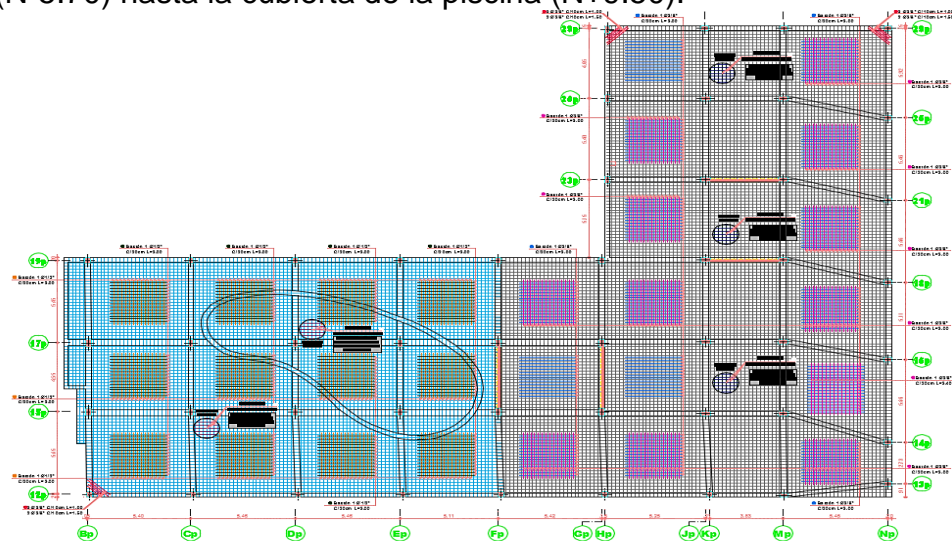


**Figura 19.** Sección Zona 2 - Proyecto 3.

Fuente: Planos ORG

Los promedios más altos obtenidos para el sector aperticado del proyecto 3, fueron en la zona 4 que tiene un promedio de  $26.0 \frac{Kg}{m^2}$  y zona 7 con un promedio de  $25.0 \frac{Kg}{m^2}$ .

En el caso de la zona 4, se encuentra ubicada el sector de la piscina, la placa sobre puesta y la cubierta donde están ubicados los baños, las cuales están generando unas cargas mayores a diferencia de las demás zonas. La zona 4, inicia desde el sótano 3 (N-5.70) hasta la cubierta de la piscina (N+9.50).



**Figura 20.** Refuerzo Inferior Zona 4 – Fondo Piscina

Fuente: Planos ORG

Para el caso de la zona 7, inicia desde el sótano 3 (N-5.70) hasta el piso 5 (N+14.55).

#### 4.2 Diseño de estructuras en concreto (Viguetas)

Las viguetas son elementos estructurales que trabajan a flexión, pero estos elementos estructurales no hacen parte de la resistencia sísmica de la estructura en general como las vigas y columnas. Para las viguetas se realiza el diseño a flexión y cortante de acuerdo con lo dispuesto en el Título C (Concreto Estructural) de la NSR (2010).

Inicialmente, se calcularon las cargas respectivas para cada uno de los pisos, según la distribución arquitectónica. Para los pisos analizados se tiene las siguientes condiciones, para el sótano 1, sótano 2, Piso 1, están ubicados los parqueaderos. En el piso 2, se encuentra distribuido entre parqueaderos y apartamentos. En el piso 3,4 y 5, se encuentran ubicados apartamentos. A continuación, se presentará para cada uno de los casos anteriores, el cálculo de cargas.

#### Carga para Parqueaderos

Se toma una de las placas críticas, que tiene una luz de 7.79 m, y está ubicada entre los ejes 2 y 4 (en orientación horizontal) y los ejes A y B (en orientación horizontal), como se presenta en la figura 19.

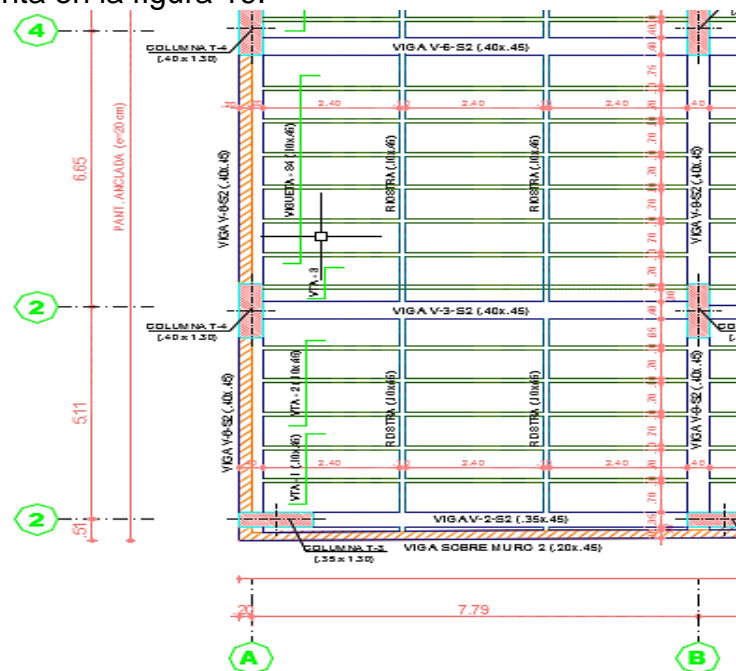


Figura 21. Planta Sótano 2 – Placa Seleccionada para el Análisis.  
Fuente: Planos ORG

Se mide el área de la placa seleccionada desde el AutoCAD, la cual nos da un área de 43.60 m<sup>2</sup>. Luego, para el cálculo del área de los casetones y volúmenes correspondientes se presenta a continuación.

### Geometría

<b>Torta Superior</b>	= 0.05m
<b>Altura Viguetas</b>	= 0.45 m
<b>Separación Viguetas</b>	= 0.80 m
<b>Base</b>	= 0.10 m

$$\text{Area Casetones} = \#Casetones * Largo * Ancho$$

$$\text{Area Casetones} = (21Caset.* 2.40 m * 0.70 m) + (3 Casetones * 2.40 m * 0.30 m)$$

$$\text{Area Casetones} = \mathbf{37.44 m^2}$$

$$\text{Volumen Placa} = \text{Area Placa} * \text{Altura Viguetas}$$

$$\text{Volumen Placa} = 43.6 m^2 * 0.45 m$$

$$\text{Volumen Placa} = 19.62 m^3$$

$$\text{Volumen Casetones} = \text{Area Casetones} * \text{Altura Libre}$$

$$\text{Volumen Placa} = 37.44 * (0.45 - 0.05) m$$

$$\text{Volumen Placa} = 14.98 m^3$$

Luego se calcula el volumen real, restando estos el volumen de la placa menos la de los casetones.

$$\text{Volumen Real} = \text{Vol Placa} - \text{Vol Casetones}$$

$$\text{Volumen Real} = 19.62 - 14.98 m^3$$

$$\text{Volumen Real} = 4.64 m^3$$

Obtenido el volumen real, lo dividimos entre el área de la placa para obtener una equivalencia de metros cúbicos por metros cuadrados, y luego multiplicarlo por el peso específico del concreto, por lo cual se obtiene la carga muerta (CM).

$$= \frac{4.64}{43.60} \left( \frac{m^3}{m^2} \right) = 0.107 \frac{m^3}{m^2} * 2400 \left( \frac{Kg}{m^3} \right) \approx 255 \frac{Kg}{m^2} = \mathbf{Carga Muerta (CM)}$$

Luego, debemos sumarle a esta carga muerta, las cargas correspondientes a cielo raso (CR) y sobre impuesta (SD).

$$CR = 20 \frac{Kg}{m^2} + SD = 150 \frac{Kg}{m^2} + CMPlacas = 255 \frac{Kg}{m^2}$$

$$CMTOTAL = 425 \frac{Kg}{m^2}$$

$$\text{Carga Viva (CV)} = 250 \frac{Kg}{m^2}$$

Después, se calcula la Carga Factorizada (CF) y la Carga de Servicio (CS), de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} CF &= 1.2(CMTOTAL) + 1.6 (CV) \frac{Kg}{m^2} & CS &= (425) + (250) \frac{Kg}{m^2} \\ CF &= 1.2(425) + 1.6 (250) \frac{Kg}{m^2} & CS &= 675 \frac{Kg}{m^2} \\ CF &= 910 \frac{Kg}{m^2} \end{aligned}$$

Luego, para dejar estas cargas en Ton/m, se multiplica por la separación entre ejes de viguetas y se divide entre 1000 para pasar a toneladas.

$$\begin{aligned} CF &= \frac{910 \frac{Kg}{m^2} * 0.80 m}{1000} = 0.73 \frac{Ton}{m} \text{ y se aproxima a } \mathbf{0.75 Ton/m = CF} \\ CS &= \frac{675 \frac{Kg}{m^2} * 0.80 m}{1000} = 0.54 \frac{Ton}{m} \text{ y se aproxima a } \mathbf{0.55 Ton/m = CS} \end{aligned}$$

Todas las cargas, donde no está su respectivo cálculo, están tomadas del Título B de la NSR (2010) o se ha hecho un análisis detallado para llegar al valor correspondiente.

Para las cargas de apartamento y Subestación eléctrica que se presentan a continuación, con sus respectivos procedimientos.

### Carga para Apartamentos

Teniendo el valor de la carga muerta que corresponde a  $CM = 255 \text{ Kg/m}^2$ , se procede a calcular la carga correspondiente a apartamentos, que están carga muerta (CM), las cargas correspondientes a cielo raso (CR), sobre impuesta (SD) y carga de muros (CMuros).

$$\begin{aligned} CM &= 255 \frac{Kg}{m^2} \\ CR &= 20 \frac{Kg}{m^2} \\ SD &= 150 \frac{Kg}{m^2} \\ C_{\text{muros}} &= 150 \frac{Kg}{m^2} & C_{\text{muros}} &= 270 \frac{Kg}{m^2} \\ \\ CMTOTAL &= 695 \frac{Kg}{m^2} & CV &= 180 \frac{Kg}{m^2} \end{aligned}$$

Después, se calculan la Carga Factorizada (CF) y la Carga de Servicio (CS), de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} CF &= 1.2(CMTOTAL) + 1.6 (CV) \frac{Kg}{m^2} & CS &= (695) + (180) \frac{Kg}{m^2} \\ CF &= 1.2(695) + 1.6 (180) \frac{Kg}{m^2} & CS &= 875 \frac{Kg}{m^2} \\ CF &= 1122 \frac{Kg}{m^2} \end{aligned}$$

Luego, para dejar estas cargas en Ton/m, se multiplica por la separación entre viguetas y se divide entre 1000 para pasar a toneladas.

$$CF = \frac{1122 \frac{Kg}{m^2} * 0.80 m}{1000} = 0.90 \frac{Ton}{m}$$

$$CS = \frac{875 \frac{Kg}{m^2} * 0.80 m}{1000} = 0.70 \frac{Ton}{m}$$

### Carga para Subestación Eléctrica

Teniendo el valor de la carga muerta que corresponde a CM = 255 Kg/m<sup>2</sup>, se procede a calcular la carga correspondiente a apartamentos, que están carga muerta (CM), las cargas correspondientes a cielo raso (CR), sobre impuesta (SD) y carga de muros (CMuros).

$$\begin{aligned} CM &= 255 \frac{Kg}{m^2} \\ CR &= 20 \frac{Kg}{m^2} \end{aligned}$$

$$CMTOTAL = 275 \frac{Kg}{m^2} \quad CV = 1250 \frac{Kg}{m^2}$$

Después, se calculan la Carga Factorizada (CF) y la Carga de Servicio (CS), de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} CF &= 1.2(CMTOTAL) + 1.6 (CV) \frac{Kg}{m^2} & CS &= (275) + (1250) \frac{Kg}{m^2} \\ CF &= 1.2(275) + 1.6 (1250) \frac{Kg}{m^2} & CS &= 1525 \frac{Kg}{m^2} \\ CF &= 2330 \frac{Kg}{m^2} \end{aligned}$$

Luego, para dejar estas cargas en Ton/m, se multiplica por la separación entre viguetas y se divide entre 1000 para pasar a toneladas.

$$CF = \frac{2330 \frac{Kg}{m^2} * 0.80 m}{1000} = 1.86 \frac{Ton}{m} \text{ y se aproxima a } 1.90 \text{ Ton/m} = CF$$

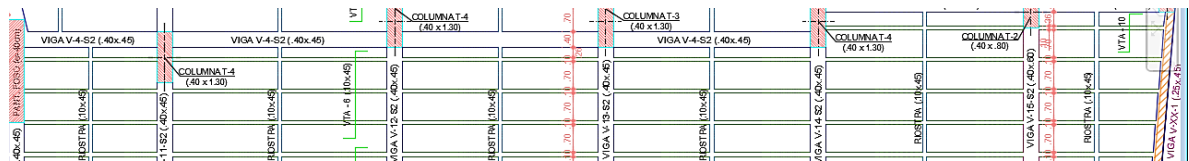
$$CS = \frac{1525 \frac{Kg}{m^2} * 0.80 m}{1000} = 1.20 \frac{Ton}{m} \text{ y se aproxima a } 1.20 \text{ Ton/m} = CS$$

Todas las cargas, donde no está su respectivo cálculo, están tomadas del Título B de la NSR (2010) o se ha hecho un análisis detallado para llegar al valor correspondiente.

Org Ltda., cuenta con hojas de cálculo programadas para el diseño de viguetas a flexión y cortante mediante el método de Cross. Las viguetas que superaban más de las 9 luces, se modelaban en el programa CSI ETABS 2013, debido a que la hoja de cálculo esta programada para diseñar viguetas de máximo 8 luces.

Para el caso de análisis, la cuantía mínima es  $\rho = 0.0018$  ó para elementos que se encuentra a la intemperie la cuantía mínima es  $\rho = 0.0025$ , según disposiciones del Título C de la NSR (2010) para losas nervadas.

Para el caso de análisis, se tomó la vigueta VTA-6, que tiene 6 luces y se encuentra ubicada en los sótanos, piso 1 y 2, que corresponde a zonas de parqueaderos.



**Figura 22.** Vigueta 6 – Planta Sótano 2

Fuente: Planos ORG

Luego, para ingresar la información correspondiente a los Momento a y b, se calcula de la siguiente manera, se multiplica la carga mayorada ( $W_u$ ) por la luz (distancia entre ejes de apoyos) elevada al cuadrado y se divide entre 24.

$$Ma - b = \frac{W_u \cdot l^2}{24}.$$

### Especificaciones

<b>Altura Viguetas (H)</b>	= 0.45 m
<b>Separación Viguetas</b>	= 0.80 m
<b>Base</b>	= 0.10 m
<b>F'c</b>	= 280 Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Fy</b>	= 4200 Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Vc (Cortante Concreto)</b>	= 8.87 Kg/cm <sup>2</sup>

Para la altura efectiva sería igual a:

**Hefectiva =**

$$\text{Altura Vigueta} - (\text{Recubrimiento}) - (\varnothing \text{Varilla}(\text{Estribo})) - \left( \frac{\varnothing \text{Varilla}(\text{Amarre})}{2} \right).$$

Para los estribos de las viguetas se usan barras de Ø1/4" y para los amarres o refuerzo longitudinal mínimo desde Ø1/2", para el caso del cálculo se tomó una barra de Ø5/8" que corresponde a 0.0159 m y para el estribo Ø1/4" de diámetro de 0.0064m.

$$= 0.45 \text{ m} - (0.04 \text{ m}) - (0.0064 \text{ m}) - \left(\frac{0.0159\text{m}}{2}\right) = \mathbf{0.40 \text{ m}}$$

Los momentos a y b, calculados para la vigueta 6 fueron los siguientes:

$$M_a = \frac{0.75 \frac{\text{Ton}}{\text{m}} * 3.75^2 \text{ m}}{24} = 0.44 \text{ Ton} * \text{m}$$

$$M_b = \frac{0.75 \frac{\text{Ton}}{\text{m}} * 3.46^2 \text{ m}}{24} = 0.37 \text{ Ton} * \text{m}$$

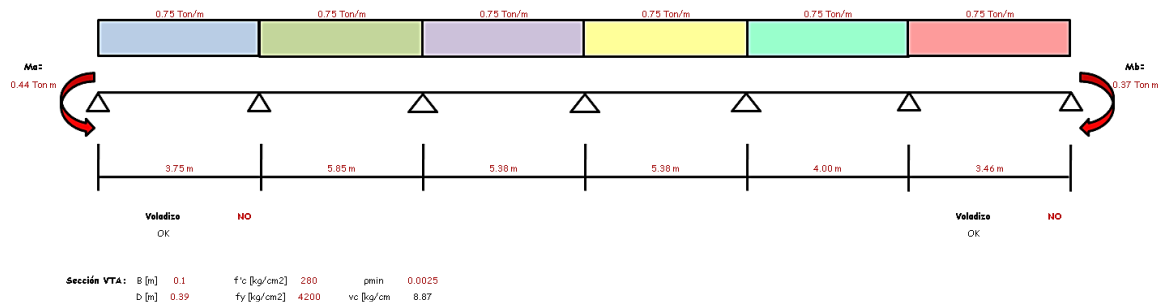
Teniendo estos momentos iniciales, se ingresan a la hoja de cálculo para realizar su diseño respectivo, y así mismo asignar el refuerzo superior e inferior para la vigueta 6. Es importante tener en cuenta los datos de traslapos para los distintos diámetros de barra que se presentan en la tabla 28.

# BARRA	GANCHO	TRASLAPOS <sub>MIN</sub>
# 4	0.20 m	0.80 m
# 5	0.25 m	0.90 m
# 6	0.30 m	1.00 m
# 7	0.35 m	1.15 m
# 8	0.40 m	1.40 m

**Tabla 28.** Traslapos.

Fuente: Autor

Podemos observar que las longitudes que se observan en la figura 23, corresponden a la luz entre ejes de apoyo y los datos iniciales para realizar el diseño de la vigueta 6.



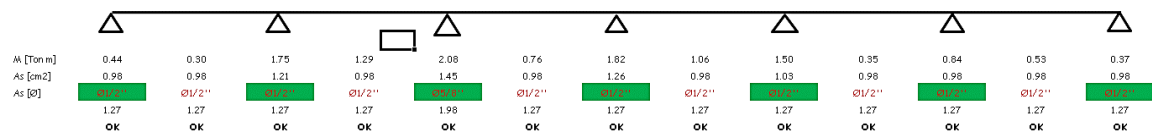
**Figura 23.** Datos de Entrada vigueta S6.

Fuente: Hojas de Cálculo ORG

Luego, de ingresar los datos iniciales, se obtiene el diseño a flexión y cortante de la vigueta 6. Teniendo el área requerida para el refuerzo de la vigueta, se asigna un diámetro de barra comercial para realizar la distribución del acero (Despieces) en el software DC CAD 2010.

El programa DC CAD 2010, es utilizado para la creación de planos de construcción de elementos estructurales como vigas, columnas y muros. A partir de los programas de análisis, RCB EngSolutions, CSI ETABS, Autodesk Robot Structural Analysis, entre otros. Luego, se importan los datos al DC CAD, como la geometría y solicitaciones, uniendo automáticamente los elementos y formando vigas, columnas y sus respectivos refuerzos. Finalmente, se puede exportar los planos al programa CAD que se prefiera. Para el caso, los datos obtenidos de los despieces se exportan al programa Autodesk AutoCAD.

El DC CAD, fue usado como herramienta de dibujo para elaborar los despieces de las viguetas correspondientes al proyecto 4.



**Figura 24.** Datos de flexión y cortante para vigueta S6.

Fuente: Hojas de Cálculo ORG

En la figura 22, observamos el área de acero que necesita la vigueta 6 para la distribución del refuerzo. Según los cálculos realizados en la hoja de Excel, las casillas verdes en la fila 3 de la figura 22, corresponden al diámetro de varilla comercial que necesita la vigueta 6 ante las solicitaciones de cargas actuantes, ya calculadas anteriormente y en esta misma fila las casillas en blanco, corresponden al diámetro de varilla para el refuerzo inferior.

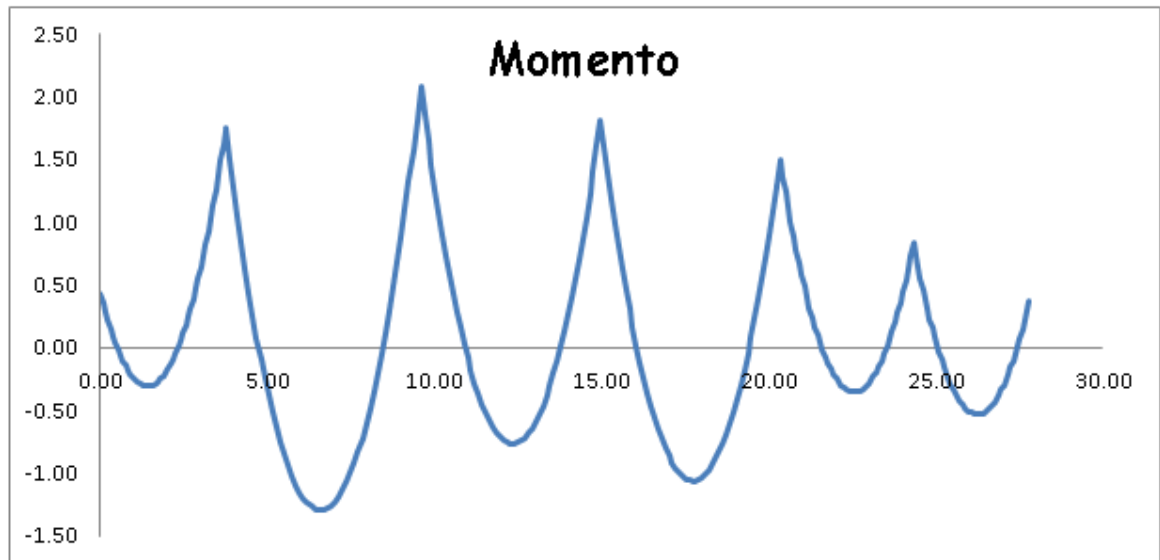
Luego, se realiza el análisis por cortante y verificar que la capacidad del concreto sea suficiente para soportar las fuerzas cortantes actuantes. En este caso observamos en la fila 3, donde se presenta la diferencia entre el cortante último, el cual se obtiene a partir de las cargas actuantes y el cortante que resiste el concreto.

Realizando la diferencia entre el Cortante último y el cortante que resiste el concreto se obtienen valores negativos, entendemos que el concreto tiene la capacidad suficiente para resistir las fuerzas cortantes y no requiere de estribos, pero si la diferencia es positiva, se hace necesaria la presencia de estribos para resistir las fuerzas cortantes presentes en el elemento. Según NSR (2010), se debe colocar un mínimo de acero para resistir las fuerzas cortantes actuantes y se calcula la separación requerida para los estribos. En el caso de luces mayores o igual de 6.50 m, se están ubicando 10 estribos cada 0.20 m y para luces menores de 6.50 m, 7 estribos cada 0.20 m, a nivel de distribución del refuerzo por cortante en la vigueta 6.

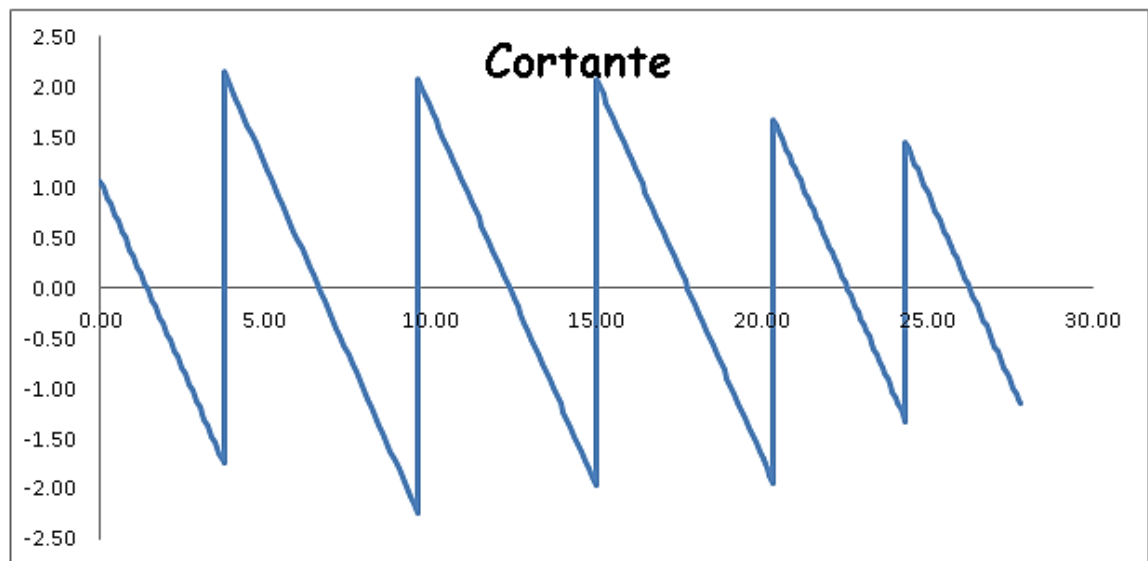
V [Ton]	1.06	2.15	2.24	2.09	1.95	1.44	1.15
vu	3.59	7.29	7.62	7.09	6.62	4.89	3.92
vu-vc	-5.28	-1.58	-1.25	-1.78	-2.25	-3.98	-4.95
Ø estr	Ø1/4"	Ø1/4"	Ø1/4"	Ø1/4"	Ø1/4"	Ø1/4"	Ø1/4"
Smin [cm]	19.62	19.62	19.62	19.62	19.62	19.62	19.62
Sreq [cm]	19.62	19.62	19.62	19.62	19.62	19.62	19.62
S [cm]	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
	REVISAR	REVISAR	REVISAR	REVISAR	REVISAR	REVISAR	REVISAR

**Figura 25.** Requerimientos por Cortante Vigueta 6.  
Fuente: Hojas de Cálculo ORG

A continuación, se presentan, el diagrama de momento y cortante obtenido para la Vigueta 6 (VTA-6).

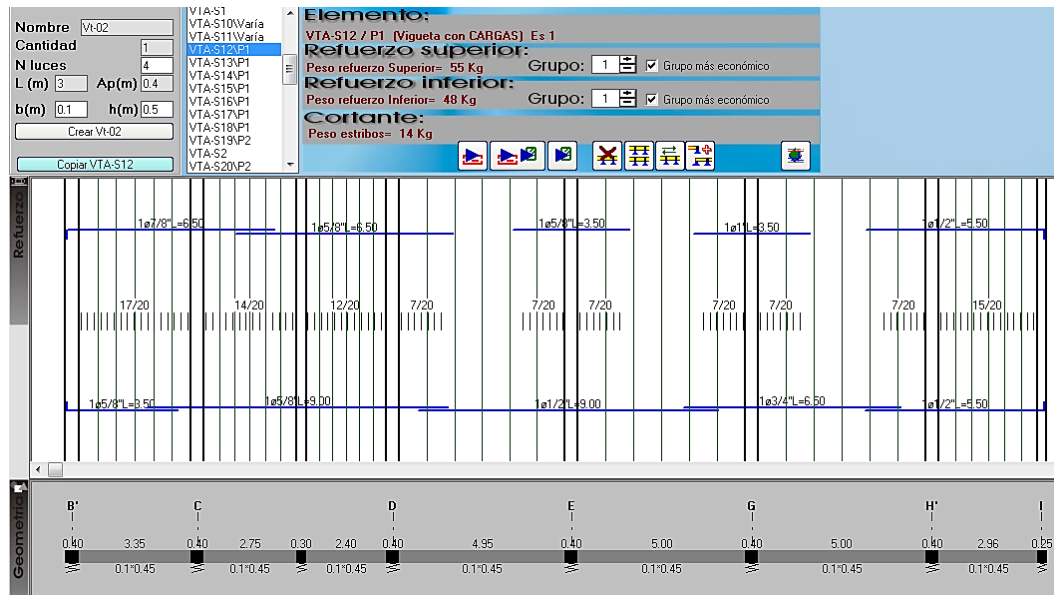


**Figura 26.** Diagrama de Momento obtenido para la Vigueta 6.  
Fuente: Hojas de Cálculo ORG



**Figura 27.** Diagrama de Cortante obtenido para la Vigueta 6.  
Fuente: Hojas de Cálculo ORG

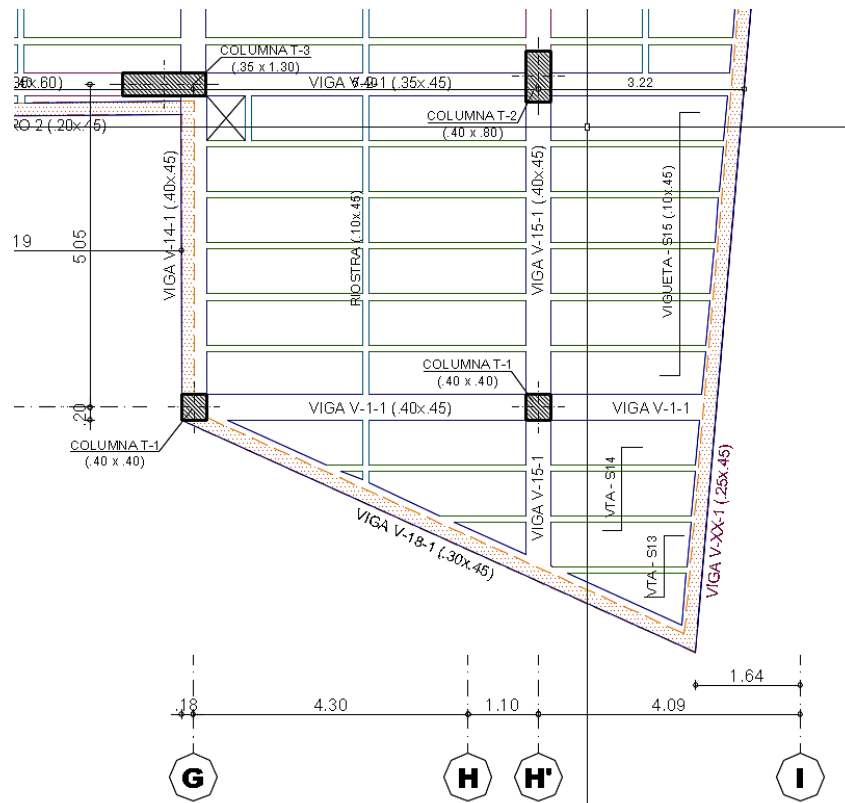
En la figura 23, podemos observar el despiece realizado para la vigueta 6, que tiene una carga ultima de 0.75 Ton/m, calculada según carga para parqueaderos anteriormente. Este programa es muy útil, para realización de la distribución del acero, ya que contiene la normatividad exigida en la NSR (2010) y se puede editar la información, para satisfacer con los parámetros necesarios para realizar la distribución del acero en el elemento estructural que se requiera.



**Figura 28.** Despiece Vigueta 6.

Fuente: DC CAD – ORG

La vigueta S14, se encuentra ubicada en el primero piso, en el sector de la subestación eléctrica como se muestra en la figura 29.



**Figura 29.** Vigueta S14 – Sector Subestación eléctrica.  
Fuente: Planos ORG

Para el análisis de la Vigueta 14, según cálculos realizados anteriormente, tenemos que para la carga factorizada es igual a  $1.90 \frac{\text{Ton}}{\text{m}}$  y la carga de servicio es de  $1.20 \frac{\text{Ton}}{\text{m}}$ .

De acuerdo con los cálculos para las cargas de parqueaderos, apartamentos y subestación eléctrica, observamos que la carga más alta es para la subestación eléctrica, por lo cual se selecciona una vigueta de este sector para realizar el análisis de deflexiones, ya que, si cumple esta vigueta con una carga mayor actuante, por consecuencia las demás viguetas del proyecto cumplirán este parámetro.

Según C.9.5 para los elementos de concreto reforzado que están sometidos a flexión, se deben diseñar para que obtenga una rigidez adecuada con la finalidad de limitar cualquier deflexión que se vea afectada la resistencia o funcionamiento de la estructura, para el análisis de deflexiones se hace con las cargas de servicio. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, Título C, p.C-128).

De acuerdo a la tabla C.9.5 (b), se tienen las siguientes condiciones para evaluar las deflexiones máximas admisibles.

Tipo de elemento	Deflexión considerada	Limite de deflexión
Cubiertas planas que no soporten ni estén ligadas a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	Deflexión inmediata debida a la carga viva, <b>L</b>	$l/180$ ´
Entrepisos que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	Deflexión inmediata debida a la carga viva, <b>L</b>	$l/360$
Sistema de entepiso o cubierta que soporte o esté ligado a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	La parte de la deflexión total que ocurre después de la unión de los elementos no estructurales (la suma de la deflexión a largo plazo debida a todas las cargas permanentes, y la deflexión inmediata debida a cualquier carga viva adicional) <sup>1</sup>	$l/480$ ±
Sistema de entepiso o cubierta que soporte o esté ligado a elementos no estructurales no susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.		$l/240$ <sup>5</sup>

**Tabla 29.** Deflexión Máxima Admisible Calculada.

Fuente: NSR (2010) – Título C.

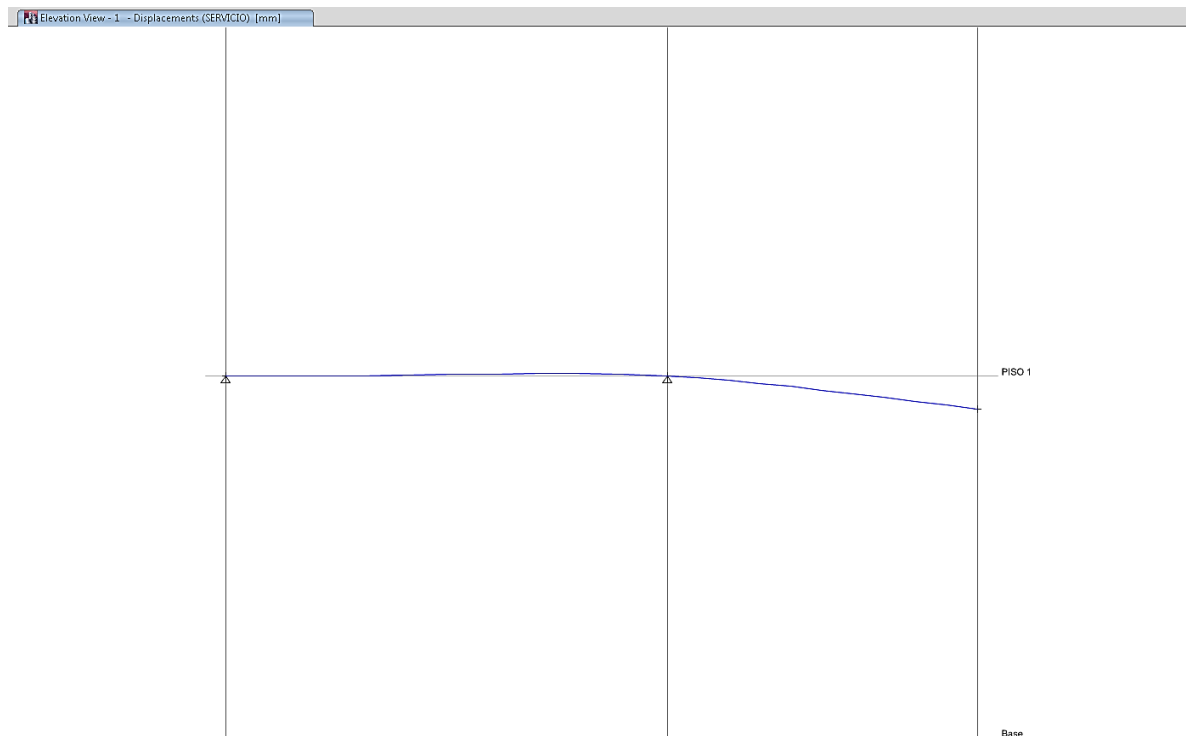
Luego se modela la Vigüeta 14 en el programa CSI ETABS 2013, asignado las cargas correspondientes a carga factorizada (CF) y carga de servicio (CS), que para este caso serían:

$$CF = 1.90 \text{ Ton/m}$$

$$CS = 1.20 \text{ Ton/m}$$

Después, en el modelo se ingresan la sección tipo para la vigüeta que es de 0.10\*0.45 m, y la resistencia del concreto que es de 28 MPa. Esta vigüeta se analizó como una vigüeta en voladizo apoyado, por lo cual se modelo en Etabs y en las hojas de cálculo, se analizó como una vigüeta apoyada totalmente en vigas y para el otro caso se analizó como tipo voladizo, y así a partir de estos dos diseños se realiza la distribución del refuerzo para la vigüeta S14.

En la figura 30, observamos la grafica de deflexión obtenida al modelar la vigüeta en el programa CSI ETABS 2013.



**Figura 30.** Deformada para la VTA-14  
Fuente: CSI Etabs 2013 – ORG.

La deflexión que se genera en la vigueta 14 es de 6.9 mm. De acuerdo en la tabla 29, para tener el valor de la deflexión máxima admisible calculada es  $L/360$ . Lo cual tenemos la luz libre que es igual a 7.79 m, por lo cual la deflexión máxima admisible sería igual a:

$$\text{Deflexión Máxima Admisible Calculada} = \frac{L}{360} = \frac{7.79 \text{ m} * 1000}{360} = 21.64 \text{ mm}$$

Esta condición de deflexión se cumple si la deflexión máxima calculada es mayor que la deflexión obtenida al modelar la vigueta en Etabs. Para el caso de análisis se cumple esta condición **21.64 mm > 6.90 mm**.

Es importante tener en cuenta las disposiciones y normas que se presente en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR (2010), para efectos de análisis y diseño de elementos estructurales, satisfaciendo las necesidades requeridas al proyecto.

## 5. OBSERVACIONES

Es importante, realizar hojas de cálculo que se puedan usar para los demás proyectos y que sean aplicativas para quienes las deseen utilizar en un siguiente proyecto, con la finalidad de optimizar y calcular adecuadamente las solicitudes que se requieran a nivel estructural.

Al momento de empezar a usar software de diseños estructurales y semejantes, es claro ver el papel importante que tienen los ingenieros calculistas ante la toma de decisiones para lograr diseños confiables.

## 6. CONCLUSIONES

El plan a desarrollar se ejecutó correctamente, obteniendo resultados satisfactorios, debido a la motivación por aprender y realizar un trabajo íntegro, recibiendo la cooperación continua por parte de los integrantes de la empresa.

Al desarrollar un proyecto a nivel estructural, es importante darle el cumplimiento adecuado a los parámetros que nos da el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistencia NSR (2010) y así mismo tener diseños que sean factibles económicamente.

El diseño estructural es una gran responsabilidad que tiene los ingenieros civiles que optan por profundizar en esta excelente rama, por lo cual se debe partir de la disciplina y compromiso para seguir aprendiendo aún más respecto al tema.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente.

Colina Martínez, J., & Ramírez, H. (1999). La Ingeniería Estructural. Toluca, México.

Navarro Hudiel, S. (Junio de 2010). Analisis Estructural Metodo de Cross. Universidad del Norte. Barranquilla, Colombia.

ORG. (s.f.). ORG Ltda. Obtenido de <http://www.orgltda.com/>

Rochel Awad, R. (s.f.). Análisis y Diseño Sísmico De Edificios. Universidad EAFIT. Medellín, Colombia: Fondo Editorial.

Rochel Awad, R. (s.f.). Hormigón Reforzado. Universidad EAFIT, Medellín: Fondo Editorial.

Segura, J. (s.f.). Estructuras de Concreto I. Universidad Nacional, Bogotá Colombia.

SENA, C. N. (2003). Costos en la Construcción. Medellín, Colombia.